THE BOOK WAS DRENCHED

TEXT FLY WITHIN THE BOOK ONLY

TEXT PROBLEM WITHIN THE BOOK ONLY

ज्योतिर्विद्या परिसंस्था पुरस्कृत प्रकाशन

सूर्यकुल



मूल्य पांच रुपये

पां. रा. ढमढेरे प्रकाशन, पुणें २

प्रकाशक
पां. रा. ढमढेरे, एम्. ए.
३२२/३ सदाशिव,
पुणें २

पहिली आवृत्ति, ऑक्टोबर १९५२

मुद्रक
मा. ह. पटवर्धन,
संगम प्रेस लि.,
४०-४१ वेलस्ले रोड,
पुणें नं. १

संपादकीय

सूर्यकुल व्याख्यानमालेचें उद्घाटन व समारोप यांची माहिती दुसरीकडे दिली आहे. या मालेंतील व्याख्यानें ता. ९ डिसेंबर १९४९ पासून २० डिसेंबर ४९ अखेरपर्यंत झालीं. व्याख्यानांचे विषय आणि व्याख्यानें पुढीलप्रमाणें होतीं :—

१.	सूर्यकुल—व्यवस्था	प्रा. मो. ल. चंद्रात्रेय, M. A.
२.	सूर्यकुलाची जन्मकथा	प्रा. रा. वि. नाईक, M.Sc. फ. कॉ.
३.	बुध व शुक्र	प्रा. रा. ना. जोशी, B.Sc. विलिं. कॉ.
४.	पृथ्वी-एक आकाशस्थ ग्रह	श्री. मो. ना. गोखले, B.Sc. वेधशाळा.
५.	पृथ्वीचा एकुलता एक उपग्रह—चंद्र	डॉ. मो. वा. चिपळूणकर, M.Sc.D.Sc.
६.	उल्का अथवा अशनिपात	प्रा. वा. न. केळकर, M.Sc. वाडिया कॉ.
७.	मंगल पृथ्वीचा जोडीदार	डॉ. चिं. श्री. कर्वे, M.Sc. Ph.D.
८.	लघुग्रह काय सांगतात?	प्रा. गो. रा. परांजपे, M.Sc.A.M.I.E, I. E. S. (Rtd.) F. N. I. O.B. E.
९.	गुरु	प्रा. ल. वा. गुर्जर, M. A. खालसा कॉ.
१०.	शनि—एक विचित्र ग्रह—	रँ. डॉ. चं. ग. पेंडसे, Ph. D. वेधशाळा
११.	युरेनस, नेपच्यून, प्लूटो	डॉ. दि. न. मोघे, D.Sc. वेधशाळा. पुणें.
१२.	धूमकेतु	श्री. त्र्यं. गो. ढवळे, B. A. वेधशाळा.

यांपैकीं १० वे व्याख्याते डॉ. पेंडसे यांना सरकारी कामानिमित्त आयत्या वेळीं उपस्थित राहातां न आल्यामुळें त्यांनीं पुरविलेल्या माहितीसह या विषयाची परिपूर्ति श्री. वि. धों. गोरेशास्त्री आणि श्री. त्र्यं. गो. ढवळे यांनीं केली.

उपर्युक्त व्याख्यात्यांनीं आपापलीं व्याख्यानें लिहून तीं संस्थेच्या स्वाधीन केली याबद्दल संस्था त्यांची ऋणी आहे. पुनरुक्ति न व्हावी, व व्याख्यानें ग्रंथरूपानें मांडतांना कांहीं सदोषता राहूं नये एवढ्यापुरती व्यवस्थित

मांडणी करून हीं व्याख्यानें पुस्तकरूपानें आतां प्रसिद्ध करीत आहोंत. डॉ. मो. वा. चिपळूणकर, प्रा. स. वि. आपटे, श्री. वि. धों. गोरेशास्त्री आणि श्री. शं. ना. हरीप यांनीं हस्तलिखितें वाचून वेळोवेळीं उपयुक्त सूचना केल्या. डॉ. चिपळूणकर यांनीं ' सूचि ' तयार केली. प्रा. आपटे यांनीं परिभाषा–संज्ञाविषयक परिशिष्ट तयार केलें. श्री. मो. ना. गोखले यांनीं आकृति जुळविण्या तयार करण्याचे कामीं मदत केली. रावसाहेब रा. शं. दीक्षित यांनीं आपल्याजवळचे कांहीं ब्लॉक्स वापरण्यासाठीं दिले. परिसंस्था या सर्वांची आभारी आहे.

श्री. पां. रा. ढमढेरे यांनीं अनेक बिकट अडचणींना तोंड देऊन शास्त्रीय ग्रंथप्रकाशनाचें हें कार्य निर्धारानें तडीस नेलें, त्यांचेहि आम्ही आभारी आहों.

ज्योतिष्यकविषयींच्या ज्ञानाचा प्रसार करण्याचा संस्थेचा उद्देश सिद्धीस जावो, एवढीच इच्छा !

प्रा. मो. ल. चंद्रात्रेय
श्री. त्र्यं. गो. ढवळे
संग्राहक — संपादक

प्रकाशकाचे चार शब्द

ज्योतिर्विद्या परिसंस्थेनें पुरस्कृत केलेला ' **सूर्यकुल** ' ग्रंथ आज संपूर्ण होत आहे. ' **सूर्यकुल** ' प्रसिद्ध करण्याचा संकल्प झाल्यानंतर वास्तविक गतवर्षीच हें पुस्तक तयार व्हायचें, परंतु कांहीं अपरिहार्य कारणानें तें जमलें नाहीं. हा विलंब संस्थेच्या कार्यवाह, व कारभारी मंडळी यांनीं मोठ्या सौजन्यानें मानून घेऊन माझें काम सुकर केलें याबद्दल त्यांचा आभारी आहे.

पां. रा. ढमढेरे

सूर्यकुलमालेचें उद्‌घाटन व समारोप

(लेखकः-श्री. शंकर नारायण हरीप, कार्यवाह)

सूर्यकुल व्याख्यानमालेचें उद्‌घाटन ज्योतिर्विद्या परिसंस्थेच्या विद्यमानें शुक्रवार दि. ९ डिसेंबर सन १९४९ ला न्यू इंग्लिश स्कूल (नानावाडा)-मध्यें पुणें विद्यापीठाचे कुलगुरु नामदार डॉ. बाबासाहेब जयकर यांच्या हस्तें झालें. भिंतींवर ठिकठिकाणीं छापील आणि हस्त-लिखित ज्योतिष-विषयक नकाशे, आलेख, कोष्टकें व आकाशनिदर्शनात्मक चित्रें लाविलीं होतीं. व्याख्यानें देतांना प्रेक्षकांना प्रत्यक्ष चित्रें दाखवून साधार माहिती देण्याचे उद्देशानें (एपिडियास्कोप यंत्र) सुसज्ज होतें. प्रारंभीं पूना संगीत विद्यालयाचे चालक श्री. गणपतराव पंडित यांचें सूर्यस्तवनपर पद्य झाल्यावर ज्योतिर्विद्या परिसंस्थेचे अध्यक्ष प्रा. कपाडिया, नामदार डॉ. जयकर व उपस्थित स्त्री-पुरुषांचें स्वागत करून म्हणाले, "ज्योतिष्य (Astronomy) हें शास्त्र अत्यंत मनोरंजक आहे. एखाद्या निरभ्र रात्रीं निवांत वेळीं जेव्हां आपली दृष्टि आकाशाकडे वळते तेव्हां आकाशांत चमकणाऱ्या लहान व रंगीबेरंगी तारका, मधून मधून पडणाऱ्या उल्का, आकाशगंगेचा पट्टा, ध्रुव व त्या भोंवतालचे सप्तर्षि इत्यादि नानाविध चमत्कार पाहून मति कुंठित होते. आणि जिज्ञासेनें आपण आकाशस्थ ज्योतींचा पुस्तकांच्या व दूरदर्शकाच्या साह्यानें अधिक परिचय करून घेतों तेव्हां तर जगच्चाल-काच्या अतर्क्य शक्तीची सहजासहजीं प्रचीति येते. अशा ह्या अत्यंत मनोरंजक व उपयुक्त शास्त्राची माहिती सामान्य जिज्ञासु माणसापासून तों तज्ञापर्यंत सर्वांना हळूहळू क्रमशः उपलब्ध करून द्यावी ह्या हेतूनेंच आम्ही ही **ज्योतिर्विद्या परिसंस्था** पुण्यामध्यें स्थापन केली व आमच्या उद्दिष्टा-प्रमाणें कांहीं ना कांहीं प्रचार-प्रसार या दृष्टीनें कार्य चालू असतें. गेल्या

खेपेस आम्ही सौरव्याख्यानमाला म्हणून अधिकारी व तज्ञ माणसाकरवीं १४ व्याख्यानें करून सूर्यविषयक सर्व माहिती दिली. आजपासून **सूर्यकुल व्याख्यानमाला** सुरू होत आहे. माझी आपणां सर्वांना अशी विनंती आहे कीं, प्रत्येकानें या शास्त्राचा थोडातरी अभ्यास करावा."

यानंतर संस्थेचे हेतु व कार्य ह्याविषयीं माहिती देतांना **श्री. शं. ना. हरीप, कार्यवाह** म्हणाले, "आमची ज्योतिर्विद्या परिसंस्था सन १९४४च्या गणेश चतुर्थीस स्थापन झाली. संस्थेच्या आद्य प्रवर्तकांत प्रा. कपाडिया, प्रमुखाध्यापक के. रा. कानिटकर, कै. साहित्यसम्राट न. चिं. केळकर, 'केसरी'चे संपादक ज. स. करंदीकर, महामहोपाध्याय द. वा. पोतदार, लॉ कॉलेजचे प्रमुख बाबासाहेब घारपुरे, रँगलर महाजनी, प्रा. मो. ल. चंद्रात्रेय, श्री. त्र्यं. गो. ढवळे, प्रा. सखारामपंत आपटे, प्रा. ल. वा. गुर्जर, प्रा. नी. वा. किंकर, पं. रघुनाथशास्त्री, कै. ज्योतिर्गणिताचार्य बाबासाहेब पटवर्धन, श्री. वि. धों. गोरेशास्त्री, बॅरिस्टर धुं. गो. काळे, व श्री. भा. ग. वाळिंबे, इंजिनियर इ. नामवंत व विद्वान कार्यकर्ते होते. गणित आणि वेध ह्याची योग्य सांगड घालून शुद्ध नि विश्वसनीय ज्ञान जनतेपुढें मांडावें, ज्योतिष्यकाच्या शास्त्रीय ज्ञानाच्या प्रचार व प्रसाराकरतां सुलभ व लोकार्थीय व्याख्यानें विद्वानांकरवीं करावींत, दूरदर्शकाच्या साहाय्यानें योग्य वेळीं आकाश-निदर्शनें करीत जावींत; अभ्यास मंडळें व वर्ग चालवावेत, ग्रंथसंग्रह व साधनसंग्रह करावा, एतद्विषयक निबंध, प्रबंध पुस्तकें, चित्रपट इत्यादि-कांचें प्रकाशन करावें, व पुण्यामध्यें किंवा आसपास योग्य स्थळ पाहून वेध-शाळा स्थापन करावी इत्यादि आमचे हेतू प्रमुख आहेत. सेवानिवृत्त प्राध्यापक एस्. जी. साठे ह्यांनीं एक ३॥ इंची दूरदर्शक वापरण्याकरतां दिलेला आहे. संस्थेतर्फे आजपर्यंत वेळोवेळीं ७० व्याख्यानें झालीं व १९ आकाशनिदर्शनें झालीं. संस्थेनें यावर्षी पंचांग-कृति वर्ग सुरू केला आहे.

संस्थेनें प्रकाशित केलेल्या ताराचित्रकास डेक्कन व्हर्नॅक्युलर सोसायटीनें पारितोषिक देऊन गौरविलें आहे व तो सरकारनेंही शाळाखात्याकरतां मान्य केला आहे.

नामदार डॉ. बाबासाहेब जयकर उद्घाटन करतांना म्हणाले, "आमच्या लहानपणीं शाळेंत ज्योतिर्विद्येसंबंधींचीं पुस्तकें अभ्यासक्रमांत लावलेलीं असत. तीं आतां अभ्यासक्रमांत कां ठेविलीं नाहींत कोण जाणे! पुण्यास असलली लहानशी वेधशाळाही सरकारनें बंद केली आहे!! अशा स्थितींत सर्वसामान्य माणसांना आकाशस्थ ज्योतींचें ज्ञान करून देणाऱ्या या ज्योतिर्विद्या परिसंस्थेचें कार्य किती आवश्यक आहे हें आपणांस निराळें सांगावयास नको. पुण्यांत अशा कितीतरी उपयुक्त संस्था आहेत कीं त्यांचें काम गाजावाजा न करतां मुकाट्यानें अनेक वर्षें चालू आहे. पुणें विद्यापीठ स्थापन झाल्यापासून पुण्यांतील अज्ञात असणाऱ्या बऱ्याच संस्थांची माहिती झाली आहे. पुणे विद्यापीठाचें ध्येयही असें आहे कीं पुण्यांत व पुण्याबाहेर ज्या अनेक संस्था विखुरलेल्या आहेत त्यांचें केंद्रीकरण करून त्यांच्यांत एकसूत्रीपणा निर्माण करावा.

ज्योतिर्विद्येचा इतिहास हा कै. बा. दीक्षितकृत मराठी भाषेंत असल्यामुळें त्या ग्रंथाचें जगांत जितकें चीज व्हावयास पाहिजे तितकें झालें नाहीं. हाच ग्रंथ जर त्यांनीं इंग्रजींत लिहिला असतां तर त्यांच्या विद्वत्तेची दुंदुभि सर्व जगभर वाजली असती. दीक्षित यांच्या ग्रंथाचें इंग्रजींत भाषांतर करून प्रसिद्ध करण्याचें कार्य आपल्या हिंदुस्थान सरकारनें करावयास पाहिजे. या शास्त्राची आतां पुष्कळ प्रगति झाली आहे हें खरें पण त्याचबरोबर शोधांचें क्षेत्रही अद्यापि विशाल आहे हेंहि विसरतां कामा नये. चित्शक्तीचा बोध अजून व्हावयाचाच आहे.

ज्योतिर्विद्या परिसंस्थेची, पुण्यांत वेधशाळा स्थापन करण्याची कल्पना

उत्तम आहे. आज ना उद्यां ती मूर्त स्वरूपांत येईल अशी आशा करूं या."
यानंतर प्रा. मो. ल. चंद्रात्रेय ह्यांनीं आपल्या "**सूर्यकुल-व्यवस्था**" या विषयावरील पहिल्या व्यांख्यानास सुरुवात केली.

शेवटच्या दिवशीं संस्थेचे उपाध्यक्ष **श्री. ज. स. करंदीकर** ह्यांनीं सतत १२-१३ दिवस चाललेल्या या ज्ञानसत्राचा समारोप केला. पाहिल्यानें त्यांनीं प्रत्येक दिवशीं झालेल्या व्याख्यानांचा व व्याख्यात्यांचा अल्पसा परिचय करून दिल्यानंतर ते म्हणाले, " गेले सालीं ज्योतिर्विद्या परिसंस्थेनें सौर व्याख्यानमाला जुळवून आणून अनेक विद्वानांकरवीं पुणेकरांना सूर्यासंबंधींचें अद्ययावत् ज्ञान करवून दिलें. या सालीं पुढचा उपक्रम म्हणून सूर्यकुल व्याख्यानमाला घडवून आणली हें आपण पाहतच आहांत. यापुढेंहि अशींच उपयुक्त व बोधव्याख्यानें क्रमाक्रमानें दरवर्षी निरनिराळ्या विषयांवर देऊन जनतेचें मनोरंजन व त्याबरोबर साधार माहिती आणि ज्ञान उपलब्ध करून देण्याचा विचार आहे. आतांपर्यंतचीं सर्व व्याख्यानें इतकीं चांगलीं झालीं आहेत कीं तीं सर्व ग्रंथरूपानें छापून काढावींत, आणि ज्यांना तीं प्रत्यक्ष ऐकण्याचा लाभ घडला नाहीं त्यांच्यासाठीं तर तीं अवश्यमेव ग्रंथरूपानें उपलब्ध करून द्यावींत अशी माझी आपल्या सर्वांच्या वतीनें चालकांना सूचना आहे." श्रोतृवर्गातर्फे श्रीमंत सरदार आबासाहेब मुजुमदार व सुप्रसिद्ध ज्योतिर्विद होराभू० दीक्षित ह्यांनीं मालेच्या चालकांचे आभार मानून सांगितलें कीं, **ज्योतिर्विद्या परिसंस्था** व तिची अधिकारी मंडळी फार उपयुक्त कामगिरी करीत आहेत व ही संस्था निःसंशय प्रशंसेस पात्र आहे. शेवटीं **वंदे मातरम्** गीत होऊन ही माला समाप्त झाली.

---

*

शुद्धिपत्र

पृष्ठ	ओळ	अशुद्ध	शुद्ध
४	७	याम्योत्तर वृत्त	(हे शब्द गाळावेत)
,,	शेंवटची	या.	(हें अक्षर गाळावें)
१२	१६	त्यानें दुर्बिण व इतर वीक्षण यंत्रांत इ.	त्यानें वीक्षण यंत्रांत इ.
२९	शेंवटची	लांबी एका इंचाच्या... इतकी असते.	लांबी अनुक्रमें एका इंचाच्या $\frac{२५}{१०६}$ आणि $\frac{१४}{१०६}$ भागा एवढी असते.
३१	२१	तरंगयामांच्या	तरगायामांच्या
४४	१४	२१"	११"
४५	१३	सुमारें ७१-७२ दिवसांनीं	सुमारें ७१—७२ दिवसांनीं
४७	४	२६	३६
४८	४	शूस्टर	स्कोटर
५१	५	सुमारें २०° श.	सुमारें—२०° श(उ वीस अंश) श.
६१	४	आकृति १२ मध्यें	आकृति ११ मध्यें
६२	१६	प्रकाशाचें परांचन	प्रकाशाचें प्रच्यवन
६३	१	,, ,,	,, ,,
६४	१	या बिंबाचा व्यास	या बिंबाचा व्यासार्ध.
६७	१८	तुटक रेषेवरून तो... जातो.	तें वस्तुतः तुटक रेषेवरून... जातें.
६८	१६	परांचन (आ. १३)	प्रच्यवन......(आ. १२)
,,	१८	परांचन...	प्रच्यवन.
६९	१	आकृति १४	आ. १३.
७३	१९	हेलातु	मंदातु

पृष्ठ	ओळ	अशुद्ध	शुद्ध
७४	८	सुमारें ५६° श	सुमारें—५६° (उणें छप्पन)
७७	१०	उज्जातु	ऊर्वातु
८८	१	१६७४"	१७६४"
८९	७	'मध्यम' चंद्राची गति वाढेल.	अंतर कमी होईल.
१०३	शेंवटची	८०° शतमान	—(उणें) ८०° श.
११५	९	जो	तो.
११६	१५	१४·२७ कोटी	१४·१७ कोटी
१२०	६	२५००० फूट	१५००० फूट
१२६	८	असफ हॉल	ॲसफ हॉल
१२७	२१	३८ ता. १८ मि.	३० ता. १८ मि.
,,	२२	$५\frac{१}{५}$ दिवस.	$२\frac{१}{२}$ दिवस.
१३२	८	व्हेस्ट	व्हेस्टा
१३९	५	व सोबतच्या हिंदुस्थानच्या नकाशावरून	(हे शब्द गाळावेत)
१४१	४	त्याचा वेग सेकंदास ०—४ मैल एवढाच असावा	त्याचा मोक्षवेग सेकंदाला ०·४ मैल एवढाच असावा.
,,	५	घनता व वेग	घनता व मोक्षवेग.
,,	२२	सोबतच्या चित्रावरून या कक्षावैचित्र्याची नीट कल्पना येईल.	(हें वाक्य गाळावें)
१४२	२	चित्रावरून दिसून येईल कीं,	(हे शब्द गाळावेत.)
१४७	२१	कल्पनेमुळें कक्षांची विविधता या	या कल्पनेमुळें कक्षांची विविधता.

पृष्ठ	ओळ	अशुद्ध	शुद्ध
१४९	१२	चिन्न, शिखंडीज	चित्र शिखंडिज.
१५१	२०	नाक्षत्र काल	नाक्षत्र पर्यय काल
१५५	२२	हे जग म्हणजे...	हे डाग म्हणजे
	२३	हें द्रव	त्यांतील द्रव्य.
१५६	९	बसलेल्या	असलेल्या
१५७	११	(अरगीन) नूनातु	(अरगॉन) नूनातु (निऑन)
१५८	२	तें–१३०° ते–१४०° च्या जवळ पास	तें–१३०° ते–१४०° श. च्या जवळपास
	१०	सूर्यांदत्त	सूर्यदत्त.
१६०	३	बिंबार्ध	गोलार्ध
१६२	१	वेळेच्या आर्धां	वेळेपेक्षां उशीरां
	४	अक्षाची	व्यासाची
	७	बोध	बाध
१६३	५	२$\frac{१}{४}$ ते २$\frac{१}{२}$ कोटी	१$\frac{१}{४}$ ते १$\frac{१}{२}$ कोटी
	१३	११ उपग्रहांचें	१२ उपग्रहांचें
१६६	५	२० कोटी	१० कोटी
१६८	शेंवटची	सुमारें १५५° श.	सुमारें–१५५° श (उणे १५५)
१६९	२२	इंद्र, अतीन्द्र,	अतीन्द्र, इंद्र.
१७३	१	शनीला प्रथम कोठेंही	शनीला कोठेंही
,,	१०	गति व त्याचें वलय	शनि व त्याचें वलय
१७४	२३	'अडॅम्स प्राइस'	ॲडम्स प्राईझ
१७८	५	विकरिंग	पिकरिंग
१८१	२१	खिडस	सिडस
	२२	बोल	बोड
१८३	११	३१,०००	३३,०००

आणि | आणि

पृष्ठ	ओळ	अशुद्ध	शुद्ध
	१५	१६ पट	६०
१८५	१०	चार उपग्रह	पांच उपग्रह
	१२	उरलेले	दुसरे
	१५	अनुलोभ	विलोभ"
१८७	२०	१′ ४६°	१° ४६"
१८८	९	थोडासा मोठा ठरतो	थोडासा लहान ठरतो.
१९३	१८	एखादा उपग्रहच	एखादा ग्रहच
	२२	मुलाने	मुलीनें
२०१	२३-२४	ऊर्वातु (आक्सिजन) (एसिलिकॉन) चक्कासातु	ऊर्वातु (ऑक्सिजन) (सिलिकॉन) चकासातु
२०२	१	सामुदातु	सामुद्रातु
	३	कोबातु	केत्वातु
२०३	३	लीनातु (क्रिप्टॉन) कोत्या झेनॉ	लीनातु (क्रिप्टॉन) कोष्यातु (झेनॉन) व
२२७	३	$\frac{७}{१०,०००}$ मि. मि	$\frac{७}{१,००,०००}$ मि. मि.
२१८	१७	प्रक्षेप	विक्षेप
२२१	१९-२३	निवृत्तकक्षा	विवृत्तकक्षा
२२२	१६	व्यस्त वग	व्यस्त वर्ग
२२७	३	$\frac{७}{१०,०००}$	$\frac{७}{१,००,०००}$
२३१	५-६	सूर्याचें आकर्षण तेवढें आकर्षण	सूर्याचें आकर्षण आहे तेवढें आकर्षण.

सूर्यकुल

सूर्यकुटुंब–व्यवस्था : १

[ऐतिहासिक आणि तात्त्विक भाग]

प्रास्ताविक—

चमत्कारांनीं कोणाचें मन आकर्षित होत नाहीं ? चमत्कार पाहून त्याचें कारण किंवा त्या पाठीमागची भूमिका समजल्यानें होणाऱ्या आनंदाचें वर्णन सहज करतां येणार नाहीं. परंतु पुष्कळ वेळां असें घडतें कीं, चमत्कार नेहमीं नेहमीं पाहिल्यानें आपलें लक्ष त्यांकडे वेधलें जात नाहीं; एवढेंच नव्हे तर ते तसे आहेत, याची जाणीव देखील कांहीं कालानें नष्ट होत असते. असाच एक चमत्कारांचा चमत्कार आपण दररोज पाहात असूनही त्याबद्दल आपणांस ज्ञान प्राप्त करून घेण्याची इच्छा होत नाहीं.

हा चमत्कारांचा चमत्कार म्हणजे आकाशांत दिसणारे चंद्र, सूर्य, तारे, ग्रह, धूमकेतु, उल्का, अशनि, आकाशगंगा हीं होत. हीं काय आहेत, केवढीं आहेत, त्यांचा परस्परांचा संबंध काय, ते कोठून आले, कोठें जाणार ह्या जिज्ञासेमुळें अगदीं प्राचीन कालापासून शास्त्रज्ञांनीं अवलोकन, वेध व कल्पना यांच्या साहाय्यानें बरीच प्रगति केली आहे. तिची निदान धांवती ओळख असणें हें सामान्य माणसास जरूर आहे. या ज्ञानाचा किती-

तरी उपयोग होऊं शकतो. रात्रीं दिसणाऱ्या तारकांच्या स्थितीवरून दिशा व काल, चंद्राच्या स्थितीवरून भरती ओहोटी आणि सूर्याच्या स्थितीवरून ऋतु ओळखतां येतात. समुद्रावरून किंवा आकाशयानांतून प्रवास ह्या ज्ञानाशिवाय शक्यही झाला नसता. ग्रहणें, धूमकेतु, उदयास्त, युति यांचा संबंध पुढें पुढें तर ईश्वरी क्षोभ, पिकें, विवाह, युद्धें व व्यक्तिविषयक सुखदुःखें इत्यादिकांशींहि जोडण्यांत आला. व्यावहारिक उपयोगाखेरीज बुद्धीला विशालता देण्यांतही ह्या ज्ञानाचा उपयोग होतोच होतो हें काय सांगावयास पाहिजे ?

कांहीं प्राथमिक—

आकाशाकडे कित्येक रात्रीं पाहात राहिल्यास तारे पूर्वेस उगवतात, डोक्यावरचे बाजूस येतात व नंतर पश्चिमेस मावळतात असें दिसतें; एवढेंच नव्हें तर ते सर्व दोन विशिष्ट बिंदूंभोंवतीं किंवा त्यांना सांधणाऱ्या रेषेभोंवतीं रिंगण धरीत असतात. या बिंदूंसच ध्रुव बिंदु म्हणतात. या दोहोंपैकीं उत्तरेकडच्या बिंदूच्या अगदीं जवळ एक स्पष्ट असा तारा आहे. तोच ध्रुव तारा. हे तारे फिरतांना दिसतात ते पृथ्वी आपल्या आंसा-(अक्षा) भोंवतीं फिरते म्हणून, हें आतां सर्वविश्रुत आहे. तारे फिरत नसून ते जवळ जवळ स्थिर आहेत. त्यांनाही एक प्रकारची गति आहे परंतु ती इतकी सूक्ष्म आहे कीं, कित्येक शतकांतदेखील त्यांनीं आपल्या परस्पर सापेक्ष जागा बदलल्याचें निदर्शनास येत नाहीं.

आपल्या या पृथ्वीगोलावरील स्थानाचा निर्देश करतात तो अक्षांश व रेखांश यांनीं, अंशात्मक अंतर मोजून करतात. सर्व फेरा ३६० अंशांचा, या परिमाणानें कोणतेंही एक स्थान दुसऱ्या एखाद्या विशिष्ट स्थानाच्या पूर्वेस किंवा पश्चिमेस जितके अंश असेल तितके पहिल्या स्थानाचे रेखांश होत. हें 'विशिष्ट' स्थान प्रत्येक राष्ट्र आपल्या सोईप्रमाणें, अगर अभिमानानें

मानीत असतें. त्या त्या राष्ट्रानें निवडलेलें हें आरंभस्थान, आणि दक्षिणोत्तर ध्रुव बिंदु यांना जोडणारी जी दीर्घवृत्तरेषा तीच पूर्व व पश्चिम स्थलनिर्देशासाठीं प्रारंभरेखा म्हणून मानिली जाते. इंग्लिश लोक ग्रीनीच, फ्रेंच पारीस, अमेरिकन वॉशिंग्टन अशा प्रारंभरेखा मानतात. सध्या हिंदुस्थानांत काशी ही आपल्या प्रारंभरेषेलगत मानलेली आहे. पूर्वकालीं आपल्या सिद्धांत ग्रंथांत हें मानाचें स्थान उज्जयिनीला दिलेलें होतें. पृथ्वीच्या अक्षाच्या दोन टोंकांस उत्तर व दक्षिण ध्रुव अशीं नांवें असून त्या दोहोंपासून समान अंतरावर मधोमध तीवर काढलेल्या वृत्तास विषुववृत्त असें नांव आहे. स्थलाचा निर्देश या विषुववृत्तापासून उत्तरेस किंवा दक्षिणेस तें किती अंशांवर असेल त्यावरून करतात. हें अंशात्मक अंतर म्हणजेच अक्षांश होत.

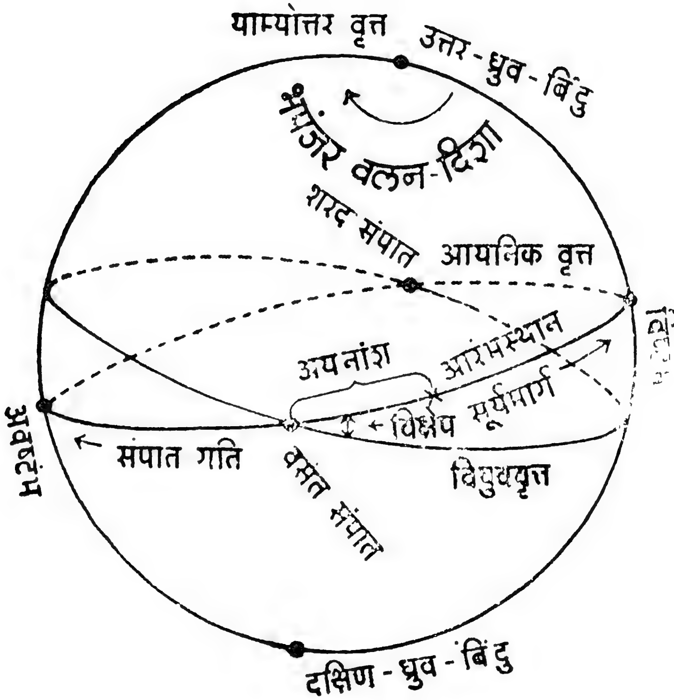
असाच निर्देश आकाशांतील तारकांचाही करण्याचीं वहिवाट आहे. दोन्ही ध्रुव बिंदूंच्यांमध्यें काढलेल्या काल्पनिक वृत्तास भपंजराचें विषुव वृत्त म्हणतात. त्यावरील एखाद्या विशिष्ट स्थानापासून मोजलेलें फेऱ्यांतलि अंशात्मक अंतर ते विषुवांश होत. विषुवाच्या उत्तरेस किंवा दक्षिणेस मोजलेलें अंशात्मक अंतर ती क्रांति. आकाशस्थ ज्योतींचे विषुवांश व क्रांति हीं दोन्ही माहित असली म्हणजे त्यांची आकाशांतील स्थिति निश्चित झाली म्हणून समजावें.

सूर्यासंबंधीं—

इतर तारकांप्रमाणेंच सूर्य पूर्वेस उगवून पश्चिमेस मावळतांना दिसतो. परंतु त्याच्या दररोजच्या स्थानाचा विचार केला तर तो ताऱ्यांशीं सापेक्ष एकाच जागीं राहात नसून आपली जागा पश्चिमेकडून पूर्वेकडे बदलत असतो व जवळ जवळ ३६५ दिवसांनीं म्हणजे एक वर्षानें पुनः परत पहिल्या जागीं येतो. त्याचा हा भ्रमण मार्ग म्हणजे भपंजरांतील एक वृत्तच असून त्यास आयनिक वृत्त (आक्रमवृत्त) हें नांव आहे. हें आयनिक

वृत्त विषुववृत्ताला समोरासमोरच्या दोन बिंदूंत छेदतें व त्याची पातळी विषुववृत्ताच्या पातळीशीं जवळ जवळ २३½ अंशांचा कोन करते.

या दोन बिंदूंस वसंतसंपात व शरत्संपात असें म्हणतात. वसंत-संपातानंतर सूर्य विषुववृत्ताच्या उत्तरेस व शरत्संपातानंतर दक्षिणेस जातो. वसंतसंपातापासून आक्रम वृत्तावर ९० अंशांवर असलेल्या उत्तरेकडील बिंदूस विष्टंभ व दक्षिणेकडील बिंदूस अवष्टंभ हीं नावें आहेत. सूर्य वसंतसंपातीं

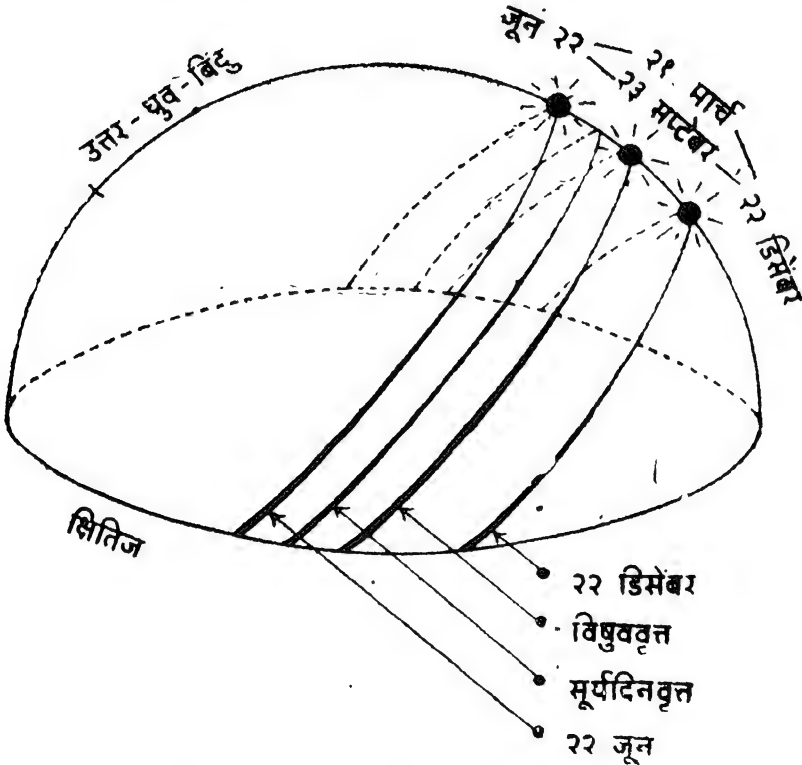


आकृति १

[खगोलीय विषुववृत्त आणि आयनिकवृत्त यांचा संबंध; त्यांचे छेदबिंदु. गोलाच्या केंद्रभागीं द्रष्टा आहे. बाणांनीं भपंजर वलन, सूर्यमार्ग आणि संपातगति यांच्या दिशा दाखविल्या आहेत त्या द्रष्ट्याला अनुलक्षून आहेत. अयनांश-आरंभस्थान (पृ. ६). या. विक्षेप (पृ. ७).]

२१ मार्च या दिवशीं असतो. तेथून तो उत्तरेस जात जात विष्टंभ स्थानीं २२ जूनला, शरत्संपातीं २२ सप्टेंबरला व अवष्टंभ स्थानीं २२ डिसेंबरला, असा प्रवास करून पुनः २१ मार्चेला तो परत वसंतसंपातीं येतो.

या सूर्याच्या आयनिक वृत्तातील गतीचा आणखीहि एक परिणाम होतो व तो म्हणजे कोणत्याही स्थळीं, क्षितिजावरील आकाशाच्या दृश्य टापूंत, निरनिराळ्या काळीं सूर्य निरनिराळ्या अवधीपर्यंत असतो हें होय. तो क्षितिजावरील टापूंत असण्याच्या या कालासच दिनमान अशी संज्ञा आहे. २१ मार्च व २३ सप्टेंबर या दोन्ही दिवशीं सूर्य विषुववृत्तावर असल्यामुळें दिनमान व रात्रिमान समान असतें व म्हणून या दोन्ही दिवसांस विषुव-दिन असें नांव आहे. उत्तर गोलार्धांत २१ मार्चपासून दिनमान वाढत



[आकृति २. दिनमान वृद्धि आणि क्षय.]

जाऊन २२ जूनला तें सर्वांत जास्त होतें व नंतर कमी कमी होऊन २३ सप्टेंबरला तें रात्रिमानाबरोबर येतें. नंतर रात्रिमान वाढत जाऊन त्याची पराकोटी २२ डिसेंबरला होऊन पुनः रात्रिमान कमी कमी होऊं लागते.

अयनगति व अयनांश—

विषुवांश म्हणजे काय हें पूर्वी सांगितलेंच आहे. पृ. ४ वर सांगितलेला वसंतसंपात हाच विषुववृत्तावरून ताऱ्यांची स्थिति सांगतांना आरंभस्थान म्हणून मानण्याची एक प्रथा आहे, परंतु हा वसंतसंपात पृथ्वीवर होणाऱ्या चंद्र व इतर ग्रहांच्या आकर्षणानें आयनिकवृत्तावरच मागें मागें म्हणजे पश्चिमेकडे जात राहातो. म्हणजेच त्याची तारकांमधील स्थिति एकसारखी आक्रमवृत्तावर बदलत असते. हा बदल दरवर्षी सुमारें ५० विकलांचा आहे. सबंध आक्रमवृत्ताचा फेरा करण्यास त्यास जवळ जवळ २६००० वर्षें लागतात. (आकृति १ पहा).

ताऱ्यांची व विशेषतः ग्रहांचीं स्थानें दर्शविण्याकरतां या आक्रमवृत्ताचाही उपयोग केला जातो. त्याच्या अनुषंगानें मोजलेलें अंशात्मक अंतर तो भोग, व त्याच्या उत्तरेकडे किंवा दक्षिणेकडे मोजलेलें अंशात्मक अंतर तो शर, अशीं नांवें आहेत. यावरून सूर्याचा भोग वर्षांत सारखा बदलतो व त्यास शर नसतो हें स्पष्ट होईल.

हा भोग मोजण्याकरतां आरंभस्थान म्हणून हा संपातबिंदु धरणें हें इष्ट होईल खरें, परंतु संपाताला चलन असल्यानें (हीच अयनगति) भोग दरवर्षी बदलत जाईल. तो तसा बदलूं नये म्हणून आक्रमवृत्तावरची एकादी स्थिर तारका घेऊन तिजपासून मोजलेलें अंतर तें भोग असें कांहींचें म्हणणें आहे. हें आरंभस्थान कोणत्या तारकेपासून धरावयाचें या मतभेदाचा परिणाम म्हणजेच महाराष्ट्रांत अगर भारतांत सध्या प्रचलित असलेला पंचांगवाद हा होय. संपातबिंदु मानणारे ते सायनवादी व स्थिरतारका

मानणारे ते निरयनवादी असें समजावे. निरनिराळ्या स्थिर आरंभस्थानावर प्रत्येक ज्योतीचे भोग अवलंबून राहतील. संपात बिंदूपासून ह्या गृहीत आरंभ-स्थानापर्यंतच्या अंशात्मक अंतरासच अयनांश (त्या त्या मतानें) असें नांव आहे. निरनिराळ्या मताप्रमाणें निरनिराळे अयनांश येतील हें उघड आहे.

चंद्र, ग्रह व तारे—

सूर्याप्रमाणेंच चंद्र व इतर ग्रहोपग्रह यांच्या मार्गासंबंधानें म्हणतां येईल. प्रत्येकाचा मार्ग निराळा; मात्र हे मार्ग दर्शविताना ते आक्रमवृत्ताशीं सापेक्ष सांगण्याची प्रथा आहे. प्रत्येक ग्रहाचा मार्ग (किंवा कक्षा) हा आक्रमवृत्ताला एकमेकासमोरच्या दोन बिंदूंत छेदतो. त्यांस पात म्हणतात. त्या त्या ग्रहाची कक्षा, म्हणजेच तिची पातळी, आक्रमवृत्ताच्या पातळीशीं कललेली असून या कलास त्या त्या ग्रहाचा विक्षेप असें नांव दिलें आहे हे कल सर्व ग्रहांचे निरनिराळे आहेत. या कक्षांचे पातहि संपातबिंदू-प्रमाणें **मागें मागें** म्हणजे आपापल्या कक्षेवरून ग्रह ज्या दिशेनें धांवतात त्याच्या उलट दिशेनें सरकत जात असतात.

तारका मात्र स्थिर दिसतात. त्या सर्व आकाशभर पसरलेल्या आहेत. त्यांचें सविस्तर ज्ञान व्हावें म्हणून त्यांचे निरनिराळे ८९ गट पाडून त्यांस प्राचीन कथांच्या अनुसंधानानें अगर काल्पनिक सादृश्यामुळें निरनिराळीं नांवें दिलीं आहेत. आक्रमवृत्तावरील तारकांचें बारा भाग पाडून त्यांस मेष, वृषभ इत्यादि राशिसंज्ञा व २७ भाग पाडून त्यांस अश्विनी, भरणी इत्यादि नक्षत्रसंज्ञा पूर्वाचार्यांनीं दिलेल्या आहेत. इतर आकाश विभागांतही अशीच वासुकी, ध्रुवमत्स्य, नौका, इत्यादि विभागणी केली आहे.

फार प्राचीन-काळापासून तारे हे सूर्य, चंद्र व इतर ग्रह यापेक्षां जास्त अंतरावर आहेत ही कल्पना होतीच. अठराव्या शतकांत हर्शल या पिता-पुत्रांनीं ताऱ्यांची उत्तर व दक्षिण गोलार्धांत पाहणी करून ते कसे पसरले

आहेत व त्यांचीं अंतरें किती अवाढव्य आहेत याची कांहींशी कल्पना आणून दिली. सूर्य हा पृथ्वीच्या १३ लक्षपट मोठा आहे. तद्वतच हे तारे असून ते आपल्या सूर्याप्रमाणेंच भास्वर आहेत असें त्यांनीं दाखविलें. हे सर्व दृश्य तारे एका विशिष्ट तारकासमूहाचे घटक असून तो तारका समूह व आकाशगंगा मिळून एक समुच्चय बनलेला आहे. त्यासच आपलें विश्व अशी संज्ञा देता येईल. तारे हे स्वयंप्रकाशी असून ग्रह हें सूर्यामुळें प्रकाशमान होतात. तारे हे लुकलुकतात व ग्रह हे तसे नाहींत. दुर्बिणींतून हा फरक सहज दिसून येतो. तारे अत्यंत दूरवर असल्यानें त्यांच्या आकारांत अगर देखाव्यांत फारसा फरक आढळत नाहीं. ग्रह मात्र वर्तुळाकार बिंब असलेले दिसतात एवढेंच नव्हें परंतु त्यास कलाहि असतात. तारे केवळ बिंदुमात्र असल्यानें वातावरणाच्या हालचालींचा परिणाम त्यांच्यापासून आपल्याकडे येणाऱ्या किरणावर होऊन ते हलतांना किंवा चमकतांना दिसतात. ग्रहांस बिंबें असून ते जवळ असल्यानें त्यांच्या बाबतींत हा परिणाम होत नाहीं. मनुष्यप्राणी आपल्यापर्यंत येऊन पोंहोंचणें अशक्य असूनहि त्याकरितां चाललेल्या त्याच्या प्रयत्नाबद्दल त्यास हिणविण्याकरितां तारे मिस्किलपणानें डोळे मिचकवतात कीं काय कोण जाणें !

कांहीं प्राचीन कल्पना—

अगदीं प्राचीन काळांतील ईजिप्शिअन लोकांच्या मतें आकाशाच्या छतामध्यें लहान लहान भोंकें आहेत व त्यांतून तारेरूपी दिवे सोडलेले आहेत. रात्र झाली कीं देव येतात व हे दिवे लावतात. दुसरी एक कल्पना अशी होती कीं आकाश ही एक भिंत आहे. तिच्या पलीकडे पापी मनुष्याला शिक्षा देण्याकरितां अखंड अग्नि तेवत ठेवला आहे व तारे हे त्या भिंतींतील बारीक झरोक्यांतून प्रकाश दिसत असल्यानें प्रतीत होतात.

आपली हिंदी लोकांची कल्पना अशी कीं ८ दिशांस ८ हत्ती (दिग्गज) असून त्यांवर हें विश्व आधारलेलें आहे. पृथ्वी ही एका अवाढव्य कास-

वाच्या पाठीवर असून तें कासव एका अथांग सागरांत फिरत आहे. पुराणांत असें सांगितलें आहे कीं, पृथ्वी सपाट व कमलासारखी वाटोळी आहे व ती शेषाच्या मस्तकावर ठेवलेली आहे. तिच्या मध्यभागीं सुवर्णाचा मेरू-पर्वत असून त्याभोंवतीं तारे व ग्रह फिरतात. बायबलांतही असेंच सपाट पृथ्वीचें वर्णन आहे. परंतु यांतील पुष्कळशा कल्पना रूपकात्मक असण्याचा संभव आहे.

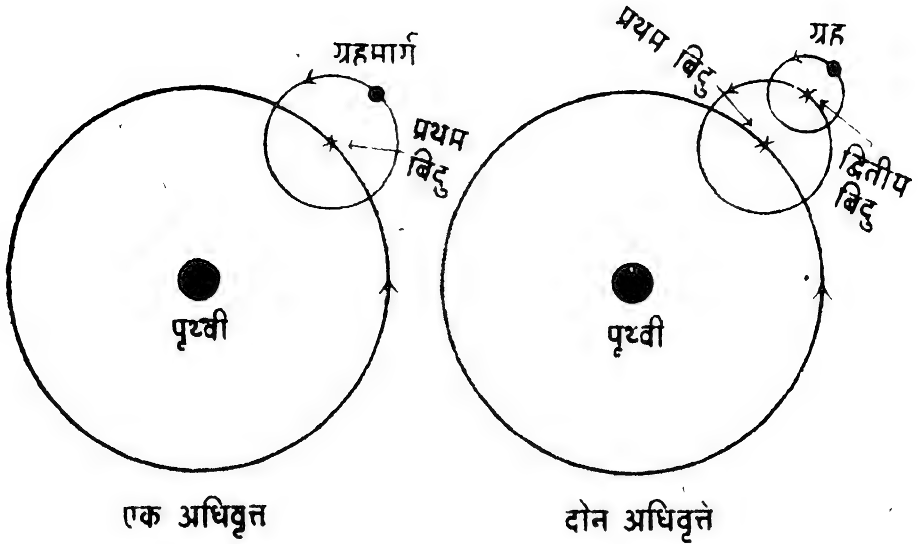
हिंदु व ग्रीक ज्योतिष्यक शास्त्रांत मात्र पृथ्वी गोलाकार असून स्थिर आहे व चंद्र, सूर्य, ग्रह, तारे, इत्यादिक तिच्या-भोंवतीं निरनिराळ्या अंतरावर फिरतात असा स्पष्ट निर्देश आहे. ग्रीस, मिसर व पश्चिमेकडील इतर देशांतून अनेक शतकेंपर्यंत **टॉलमीच्या** मतांचा प्रभाव होता. या कल्पनेप्रमाणें पृथ्वी ही विश्वाच्या मध्यस्थानीं असून ग्रह तिच्याभोंवतीं निरनिराळ्या पारदर्शक गोलांतून प्रदक्षिणा घालीत असतात. त्यांतल्या पहिल्या गोलांत चद्र, दुसऱ्यांत बुध, तिसऱ्यांत शुक्र, चवथ्यांत सूर्य आणि त्यानंतर अनुक्रमें प्रत्येकीं गोलांत मंगळ, बृहस्पति, आणि शनि फेऱ्या घालीत असून शेवटच्या म्हणजे आठव्या गोलांत सर्व तारे परिभ्रमण करीत असतात. ग्रहादिकांच्या ज्ञानांत जसजशी प्रगति होत गेली तसतशी त्यांची आकाशांतील प्रत्यक्ष स्थिति निश्चित करण्याच्या अधिकाधिक सूक्ष्म गणिती रीतीहि अस्तित्वांत आल्या. ग्रह नेहमीं एकाच निश्चित वेगानें धांवत नसून त्यांत कमजास्तपणा आढळतो. कोणताहि ग्रह नेहमीं पूर्वक्षितिजावर उगवतो आणि पश्चिम क्षितिजापर्यंत प्रवास करून नंतर तेथें मावळतो. ही त्याची पृथ्वीच्या परिवलनामुळें दिसणारी दैनंदिन गति झाली. याखेरीज, स्थिर ताऱ्यांच्या अनुषंगानें पाहिल्यास असें आढळतें कीं दररोज प्रत्येक ग्रह थोडथोडा पश्चिमेकडून पूर्वेकडे चळलेला दिसतो. ही त्याची नेहमींचीच स्वतःची गति असल्यामुळें

अशा स्थितींत तो तो **ग्रह मार्गी** आहे असें म्हणतात. केव्हां-केव्हां असेंहि घडतें कीं नेहमींप्रमाणें ग्रह, तार्‍यांच्या अनुषंगानें पाहिल्यास, पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जावयाचा त्या ऐवजीं कांहीं काल पूर्वेकडून पश्चिमेकडे जात असलेला दिसतो. तेव्हां तो **वक्री** आहे असें म्हणतात. या सर्व गतींचा विचार करून ग्रहांची स्थिति गणितानें निश्चित करण्याची रीत ग्रीक आणि भारतीय ज्योतिर्वेत्त्यांनीं आपापल्या देशांत उपयोगांत आणिली, पण या दोन्हींही पद्धतींत विशेषसा फरक नसल्यामुळें त्यांतील भारतीय पद्धतीचें थोडेसें विवेचन येथें अनाठायीं होणार नाहीं.

भारतीय (हिंदु) ज्योतिष्यक—

ग्रह हे पृथ्वीपासून निरनिराळया अंतरावर असले तरी ते सृष्टि उत्पत्तिकालीं एकदम एकाच स्थानापासून शर्यतीच्या घोड्यांप्रमाणें एकाच वेगानें सोडले आहेत. त्यांची पृथ्वीभोंवतालच्या परिभ्रमणाची पातळी आपल्या आयनिक वृत्ताच्या जवळपासच असून ज्यामानानें एखादा ग्रह दुसर्‍या एखाद्या ग्रहापेक्षां पृथ्वीपासून अधिक दूर अंतरावर असेल त्या मानानें त्याची कक्षा अधिक मोठी; आणि दौडण्याचा वेग तर सर्व ग्रहांचा सारखाच. यामुळें कालांतरानें त्यांच्या दृश्य स्थानांत मागेंपुढेंपणा आढळावा हें साहजिकच आहे. प्रलयानंतर पुनः नवीन युगाच्या सुरुवातीला ते एकत्र येऊन नव्यानें प्रवास करूं लागतात. हें त्यांचें आक्रमवृत्ताजवळ दिसणारें भ्रमण प्रवह नांवाच्या वायुशक्तीनें होत असतें. या आक्रमवृत्तावरील मार्गांत मंदोच्च व शीघ्रोच्च नांवाच्या दोन शक्ति आहेत. त्यांच्यामुळें ग्रह कांहीं काल मध्यम गतीपेक्षां जास्त वेगानें व कांहीं काल कमी वेगानें चालतात. मंदोच्च म्हणजेच सध्याच्या ज्योतिष्यकांत मानलेलें अपभू स्थल होय. शीघ्रोच्च म्हणजे सापेक्ष असलेलें सूर्यस्थान. शिवाय ग्रह हा आक्रमवृत्तावरून प्रवास करीत नाहींच. कांहीं काल तो त्यावृत्ताच्या उत्तरेस व कांहीं

काल दक्षिणेस असतो. हा बदल पात नांवाच्या विशिष्ट शक्तीनें होतो असें मानलें जाई.



आकृति ३

[वृत्ताधिवृत्त कल्पना. पहिल्या, 'एकाधिवृत्त' कल्पनेंत ग्रह हा एका बिंदूभोंवतीं वाटोळया मार्गानें जात असून हा 'बिंदु' पृथ्वीभोंवतीं तसाच जातो. दोन अधिवृत्त कल्पनेंत ग्रह एका बिंदूभोंवतीं, हा बिंदु दुसऱ्या बिंदूभोंवतीं, आणि तो पृथ्वीभोंवतीं, आपापल्या वृत्तमार्गानें जातात.]

ग्रह कधीं मार्गी व कधीं वक्री असतो. ही गति दर्शविण्याकरितां ग्रह हा पृथ्वीभोंवतीं प्रत्यक्ष वर्तुळ मार्गात फिरत नसून त्या वर्तुळ मार्गावर फिरणाऱ्या एका बिंदूभोंवतीं दुसऱ्या एका लहान वर्तुळमार्गांत फिरत असतो, अशी कल्पना करीत.

ग्रहाच्या गतींत जे निरनिराळे फरक होत ते दर्शविण्याकरितां अशा एका मागून एक ५।६ वृत्ताधिवृत्तांची कल्पना करावी लागे व त्यानंतर ग्रहाचें स्थान पूर्णपणें निश्चित करतां येई.

सोळाव्या शतकांतील संशोधन—

सोळाव्या शतकापर्यंत असलीच **ॲरिस्टॉटल**प्रणित ग्रीक लोकांची पृथ्वीमध्य कल्पना प्रचलित होती. नंतर **कोपरनिकस** यानें आपला सिद्धांत मांडून विचाराला मोठीच चालना दिली. तींत पृथ्वी ही सूर्याभोंवतीं फिरणाऱ्या लहान गोलकांपैकीं एक गोलक आहे असें त्यानें प्रतिपादन केलें. ह्याच वेळेस दुर्बिणीचा शोध लागून **गॅलीलिओ, टायकोब्राहे, केप्लर** इत्यादि एकामागून एक प्रसिद्ध शास्त्रीय संशोधक होऊन गेल्यामुळें प्रगति अत्यंत झपाट्यानें झाली यांत संशय नाहीं. यामुळें पृथ्वी ही विश्वाच्या मध्यस्थानीं आहे, ही कल्पना जाऊन सूर्यमध्य कल्पना उदयास आली व वर सांगितलेल्या शास्त्रज्ञांनीं आपआपल्या संशोधनांनीं ती दृढ केली. परमेश्वरानें सृष्टि केवळ आपल्याकरितांच निर्माण केली असें आतांपर्यंत मनुष्यप्राणी गर्वानें मानीत होता. हें त्याचें स्थान भ्रष्ट होऊन अनंत विश्वांत आपलें स्थान फारच क्षुद्र आहे असें आतां पाश्चात्यांचे निदर्शनास आल्यानें मनुष्याच्या मोठेपणाची त्यांची कल्पना आतां नाहींशी झाली.

टायकोब्राहे व केप्लर—

टायकोब्राहे हा डेन्मार्क मध्यें होऊन गेला. त्यानें दुर्बिण व इतर वीक्षण यंत्रांत सुधारणा करून वेध घेण्यांत जवळ जवळ ४० वर्षें घालविलीं. त्यानें दररोज सूर्य, चंद्र, मंगळ ह्यांच्या बिंबांचीं मापें व त्यांचीं स्थानें यांचे वेध घेऊन त्यांची नोंद करून ठेविली. बिंब जितकें जवळ तितकें मोठें, व जितकें लांब तितकें लहान, दिसणार हें स्पष्टच आहे. या सर्व वेधांचा अभ्यास करून **केप्लर** या जर्मन शास्त्रज्ञानें तीन नियम मांडले. ते इतके सुटसुटीत व सुलभ होते कीं तेच इतर ग्रहांनाही लागू पडत असले पाहिजेत असें त्यानें ठरविलें. ते नियम असेः—

(१) प्रत्येक ग्रह हा सूर्याभोंवती लंब वर्तुळाकारकक्षेंत फिरत असून सूर्य हा त्या कक्षावृत्ताच्या एका केंद्रस्थानीं आहे.

[आकृति ४. केप्लरच्या नियमांनुसार ग्रहकक्षा; तिची अंगोपांगें.]

(२) ग्रहाची चलत्रिज्या सारख्या कालांत सारखें क्षेत्र आक्रमण करते. प्रत्येक दिवशीं आक्रमण केलेलें क्षेत्र हें सारखेंच असतें असा त्याचा अर्थ. म्हणजेच क्षेत्र आक्रमणाचा वेग बदलत नाहीं. या नियमासच समकाल समक्षेत्र नियम असें म्हणतात. या नियमावरून असें दिसतें कीं ग्रह आपल्या कक्षेंत सूर्यापासून जितका दूर तितका तो कमी वेगानें चालतो.

(३) कक्षेच्या मध्यापासून ग्रहाचें अंतर तें मध्यांतर होय. तसेंच ग्रह एका स्थानापासून निघून पुनः त्याच स्थानावर येण्यास लागणारा काल तो भगण काल होय. या मध्यांतराचा घन हा भगण कालाच्या वर्गाच्या प्रमाणांत असतो. यावरून भगण काल ज्ञात असल्यास सूर्यापासून असलेल्या दोन ग्रहांच्या अंतरांची तुलना करतां येते व अंतरें माहीत असल्यास

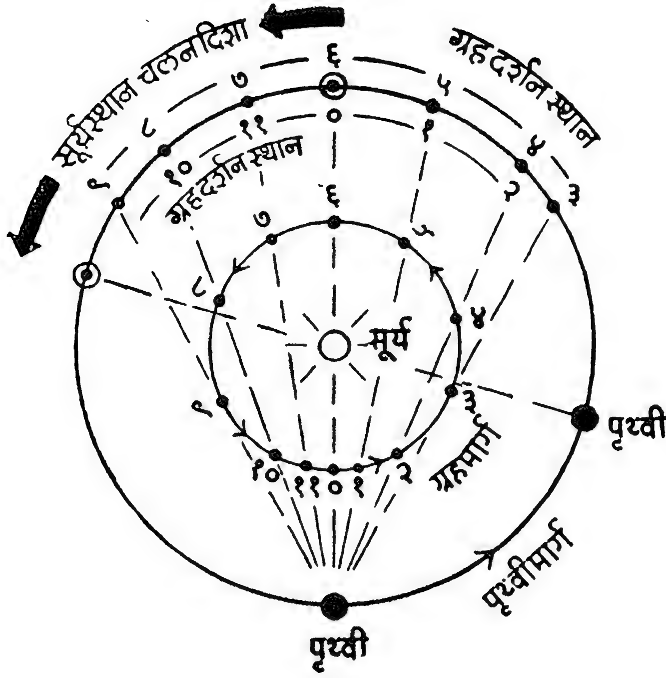
त्यांच्या गतींची तुलना होऊं शकते; ग्रह जितका सूर्याच्या जवळ तितका त्याचा वेग जास्त हें यावरून सहज दिसून येतें.

चंद्र हा पृथ्वीचा उपग्रह असल्यानें त्याचा मार्ग पृथ्वीभोंवतीं लंब वर्तुलांत असून पृथ्वी ही त्या लंबवर्तुळाच्या एका केंद्रांत आहे.

या नियमांचा एक विशेष परिणाम असा झाला कीं, तारे अत्यंत दूर असल्यानें त्यांचा सूर्य व ग्रह यांच्याशीं फारसा संबंध नाहीं हें ठरलें. ग्रह हे सूर्याचें कुटुंबच झालें. सूर्य हा त्या कुटुंबाचा किंवा कुलाचा प्रमुख व इतर जे त्याच्याभोंवतीं फिरणारे ती त्याचीं कुटुंबीय मंडळी. या त्याच्या कुटुंबा-संबंधींच आपण विचार करीत आहोंत. कांहीं ग्रह सूर्यापासून पृथ्वीपेक्षां कमी अंतरावर आहेत व कांहीं जास्त अंतरावर आहेत. कमी अंतरावर असलेले ते अंतर्ग्रह व जास्त अंतरावर असलेले ते बहिर्ग्रह. बुध व शुक्र हे अंतर्ग्रह व मंगळ, गुरु, शनी, अरुण, वरुण, इंद्र हे बहिर्ग्रह. याशिवाय धूमकेतु, उल्का व ग्रहांचे उपग्रह इत्यादि ग्रहमालेच्या आसपासच दिसतात. चंद्र तर पृथ्वीभोंवतींच फिरतो. त्यामुळें या सर्वांचाहि समावेश सूर्यकुलांतच करणें इष्ट आहे हें सांगावयाला नको.

केप्लरपूर्वकालीं ग्रह मार्गी आहे की वक्री आहे हें दर्शविण्याकरितां अधिवृत्ताची जरूरी लागे. आतां ती राहिली नाहीं. ग्रह मार्गी किंवा वक्री असणें हा केवळ दृष्टीचा परिणाम आहे. उदाहरणार्थ, बुध हा अंत-र्ग्रह घ्या. पृथ्वीचा सूर्याभोंवतीं फिरण्याचा वेग बुधापेक्षां कमी, त्यामुळें सापेक्षतेनें पृथ्वी स्थिर आहे अशी कल्पना करूं या. (आकृति ५ पहा).

बुध हा सूर्याभोंवतीं ३ ते ६ या अंकांनीं दर्शविलेल्या स्थळापर्यंत आपल्या मार्गानें जातो त्यावेळीं तो सूर्याचे जवळ जवळ येतोसा दिसेल. तोच ६ ते ९ पर्यंतचा मार्ग आक्रमण करीत असतां सूर्यापासून दूर जाईल. ९ पासून ० पर्यंत सूर्याकडे वळून ० पासून पुनः ३ पर्यंत विरुद्ध दिशेस दूर जाईल.



[आकृति ५. अंतर्ग्रहांचें आंदोलन, आणि बहिर्ग्रहांचें वक्रीमार्गीभवन.]

याचा अर्थ असा कीं तो सूर्याच्या भोंवतीं पुढें मागें असा आंदोलन करतांना दिसेल. परंतु पृथ्वी ही स्थिर नाहीं, ती पुढें पुढें, पूर्वेला जात आहे व त्यामुळें सूर्यहि पुढें पुढें जातांना दिसेल; तसा तो आक्रमवृत्तावर जात असतांना बुध हा त्याजभोंवतीं आंदोलनें करील व तीं करतांना कांहीं दिवस तो पश्चिमेकडून पूर्वेकडे म्हणजे मार्गी व कांहीं दिवस पूर्वेकडून पश्चिमेकडे म्हणजे वक्री असेल हे ध्यानांत येईल. बहिर्ग्रहाची स्थिति जरी निराळी असली तरी त्याचीही मार्गी अगर वक्री असण्याची मीमांसा अशीच सहज लावतां येते. बहिर्ग्रहावरून पृथ्वी पाहिली तर ती कांहीं दिवस मार्गी व कांहीं दिवस वक्री होईल. हें वरील वर्णनावरून स्पष्ट आहे. परंतु ग्रहापासून पृथ्वी व पृथ्वीपासून ग्रह हे आकाशात तारकांमध्यें अगदीं

विरुद्ध बाजूस दिसतील. त्यामुळें पृथ्वी जर मार्गी असेल तर ग्रहहि मार्गी दिसेल व पृथ्वी जर वक्री असेल तर तो ग्रहही वक्री दिसेल हें सहज समजेल.

न्यूटन—

केप्लरचे नियम **न्यूटन** या गणितशास्त्रज्ञाच्या हातीं आल्यावर त्यानें या नियमापासून गणितशास्त्रानें कांहीं निष्कर्ष काढले ते असे —

(१) ग्रहादिकांना चालन देणारी शक्ति सूर्यांत अधिष्ठित असली पाहिजे.

(२) त्या शक्तीमुळेंच ग्रहादिकांवर आकर्षण होऊन ते त्याजभोंवतीं फिरत असले पाहिजेत.

(३) हें आकर्षण प्रत्यक्ष अंतराच्या वर्गव्यत्यासाच्या प्रमाणांत असलें पाहिजे.

हाच वस्तुतः न्यूटननें घोषित केलेला गुरुत्वाकर्षणाचा नियम होय. हें संशोधन इतिहासांत मोठें महत्त्वपूर्ण मानलें जातें. यामुळें एकादा ग्रह अमुकच मार्गानें कां जातो, त्यावर इतर ग्रहांचे परिणाम काय होत असतील, उलटपक्षीं ग्रहाच्या स्थितींत बदल झाला असल्यास तो कां झाला इत्यादि गोष्टींची गणितानें मीमांसा करतां येऊं लागली; व या गणित पद्धतीच्या सामर्थ्यानेंच नेपच्यून व प्लुटो या ग्रहांचा शोध लागला असें म्हणावयास हरकत नाहीं. या संबंधांत न्यूटनच्या गतिशास्त्रनियमां बद्दल थोडेसें दिग्दर्शन केलें तर तें अनाठायीं होणार नाहीं.

न्यूटनचें गतिशास्त्र—

ह्या विश्वांत द्रष्टा ज्या वेळीं पदार्थाकडे पाहतो त्या वेळीं ते स्थिर तरी आहेत किंवा ते गतिमान् तरी आहेत असें त्यास दिसतें. गतिमान् पदार्थ असतात त्यावर कांहीं प्रेरकांचा परिणाम असल्यानें ते तसे असतात व ज्यावर एकंदरींत प्रेरणा नाहीं ते स्थिर, अशी आपण कल्पना करतों. या

संबंधांत न्यूटननें प्रयोगांतीं विचार करून तीन नियम मांडले. पहिला नियम असा कीं पदार्थावर प्रेरणा नसेल तर तो स्थिर तरी असला पाहिजे किंवा एकाच सरल रेषेंत अचल वेगानें प्रवास करीत असला पाहिजे. प्रेरकरहित स्थिर पदार्थ आपण सहज समजूं शकतों परंतु प्रेरकरहित अचल वेगानें जाणाऱ्या पदार्थाची कल्पना सहज होत नाहीं. परंतु ती अत्यंत गुळगुळीत, सपाट, अशा बर्फावरून दगड फेंकल्यानें होऊं शकते. बर्फाचा गुळगुळीतपणा जितका जास्त तितकें जास्त अंतर तो दगड जाईल. बर्फाच्या खडबडीतपणाच्या घर्षणानें विरोध होऊन त्याची गति थांबते. हें घर्षण मुळींच नाहीं व गुळगुळीतपणा पराकोटीचा आहे अशी कल्पना केल्यास विरोधाचें कारण उरत नाहीं. मग पदार्थ एकसारखा पुढेंच जात राहील व त्याच्या गतींत बदल होणार नाहीं हें स्पष्ट आहे.

दुसरा नियम याच्या पुढचें पाऊल आहे. जर पदार्थावर प्रेरणा होत असेल तर पदार्थाचा वेग प्रेरणेच्या दिशेनें एकसारखा वाढत राहील. हा वेग वाढण्याचें जें प्रमाण त्यास प्रवेग असें नांव देऊं. या प्रवेगावरून प्रेरकाचें मापन करतां येईल. पदार्थाचें वस्तुमान म असल्यास तो प्रेरक म × प्र ह्या गुणाकारानें मोजला जातो. यांत प्र हें प्रवेगाचें मान आहे. पदार्थावर निरनिराळ्या प्रेरणा असल्यास त्यांचा परिणाम एकत्रित प्रेरकानें होतो व परिणामित प्रेरणानें होणारा प्रवेगहि असल्याच समीकरणानें मांडतां येतो.

तिसरा नियम क्रिया व प्रतिक्रिया यांसंबंधीं आहे. दोन पदार्थ अगर पदार्थविभाग, स्थिर असोत अगर गतिमान् असोत, त्यांचा एकमेकांवर कांहींतरी परिणाम होतो अशी कल्पना करूं या. या स्थितींत एकाचा दुसऱ्यावर होणारा प्रेरकरूपी परिणाम हा दुसऱ्याच्या पहिल्यावर होणाऱ्या परिणामाइतकाच परंतु अगदीं उलट दिशेला असतो. हे तीन नियम हेंच सबंध गतिशास्त्राचें सार आहे असें म्हटलें तरी चालेल.

एखाद्या पदार्थांतील वस्तुमानास वेगानें गुणिल्यास त्या गुणाकारास गतिचय असें नांव गणिताच्या भाषेंत दिलें गेलें आहे. वरील नियमावरून असें सिद्ध करतां येतें कीं एकाद्या पदार्थसमुच्चयावर बाहेरचे प्रेरक नसल्यास त्या पदार्थांचा गुरुत्वमध्य अचल वेगानें एकाच सरळ रेषेंत जात राहील. एवढेंच नव्हे तर त्या सर्व पदार्थांच्या गतिचयांच्या बेरजेंत फरक पडणार नाहीं. हा परिणमित गतिचय कायमच राहतो, मग त्यांतील पदार्थांचे आणखी निरानिराळे तुकडे झाले तरी चालतील.

पदार्थांना केवळ वेग देण्यांतच प्रेरकांचा परिणाम होतो असें नसून वलनहि देण्यांत तो होतो. गतिचयाप्रमाणेंच वलनचय म्हणून एक परिणाम मानतात. एकाद्या पदार्थावर बाहेरचे प्रेरक परिणाम करीत नसल्यास हा वलनचय देखील, पदार्थांचा स्फोट झाला अगर त्याचे आपोआप तुकडे पडले तरी, कायम राहतो, त्यांत बदल होत नाहीं. सूर्यकुलाच्या उत्पत्तीची मीमांसा करतांना आरंभींचें त्याचें वस्तुमान एकल असतांनाचा वलनचय हा मागाहून ग्रहादिक झाले तरी प्रचीतीला येणाऱ्या त्यांच्या एकत्रित वलनचयाबरोबर गणित दृष्ट्या असलाच पाहिजे. तो तसा आहे कीं नाहीं हा, एकाच वस्तुजातापासून सूर्यकुलाची उत्पत्ति झाली असेल कीं नाहीं हें जाणण्याचा शास्त्रीय पुरावा म्हणून मानला जातो.

हे गतिनियम व केप्लरच्या नियमांपासून काढलेला निष्कर्ष यामुळेंच गुरुत्वाकर्षणाचा नियम न्यूटनला निश्चित करतां आला. सूर्य व ग्रह यांतील आकर्षणाचे समीकरण पुढीलप्रमाणें मांडतात.

$$\text{आकर्षण} = \frac{\text{व}_{१} \times \text{व}_{२}}{\text{त्रि}^{२}} \times (\text{क})$$

यात $\text{व}_{१}$ हें सूर्यांतील वस्तुमान व $\text{व}_{२}$ हें ग्रहाचें वस्तुमान आहे. त्रि हें सूर्यापासून त्या ग्रहाचे अंतर होय. यावरून एक गोष्ट दिसते कीं अंतर व

दोहोंपैकीं कोणतेंही एक वस्तुमान माहीत असल्यास दुसरें वस्तुमान काढतां येईल. सूर्याचें वस्तुमान याच पद्धतीनें काढलेलें आहे. ग्रह व ग्रहांच्या भोंवतीं फिरणारें उपग्रह त्यांचेहि वस्तुमान असेंच काढतात. यांत क हा एक स्थिरांक असून यांचेही किंमत बदलत नाहीं. ती कायम राहते.

या नियमांच्या आधारावर बुधाच्या संबंधीं गणित करतांना त्याच्या उपसूर्यबिंदूची निश्चिती करावी लागते. गणितागत येणारी त्याची स्थिति व प्रत्यक्ष वेधानें काढलेलें स्थान यात अंतर पडतें असें दिसूं लागलें. जरी तें सूक्ष्म होतें तरी त्याचें कारण काय असावें असा प्रश्न उत्पन्न झाला व ऐन्स्टाइननें तो आपल्या सापेक्षता सिद्धांतानें सोडविला.

सापेक्षता सिद्धांत—

पृथ्वीच्या विषुववृत्तावर एक दगड ठेविला आहे अशी कल्पना केली तर तो तेथें आपणास स्थिर आहे असें दिसेल; पण पृथ्वी आपल्या आंसाभोंवतीं फिरते व त्यामुळें तो तिच्या आंसाभोंवतीं फिरतो असेंहि वाटण्याचा संभव आहे. शिवाय पृथ्वीहि सूर्याभोंवतीं फिरते, त्यामुळें सूर्याजवळच्या द्रष्ट्याला तो दगड गिरक्या घेत घेत आपणांभोंवतीं फिरतो असें दिसेल. सूर्यहि स्थिर नाहीं. तोहि अंतराळांत दर सेकंदास सुमारें १३ मैल वेगानें एका विशिष्ट तारकापुंजाभोंवतीं फिरतो असें म्हणतात. मग या दगडाची खरी गति कोणती? तो स्थिर आहे कीं चल आहे? त्याजवर प्रेरणा आहेत कीं नाहींत? असें प्रश्न उत्पन्न होतात. या संबंधांत मायकेलसन आणि मोर्ले यांनीं प्रयोग केले. न्यूटनच्या विचारतंत्रावर आधारलेल्या दृष्टीनें ही गती काढतां आली पाहिजे. परंतु प्रत्यक्ष प्रयोग करतां ती काढतां येत नाहीं असें ठरलें. मग खरी अशी गती आहे कीं नाहीं हा प्रश्न उरलाच.

या प्रयोगांचे पूर्वीच प्रकाशाला गति असून तो दर सेकंदास १८६००० मैल या वेगानें धांवत असतो असें प्रयोगानीं काढलें होतें. अर्थात् प्रकाशा-

सही वेग असल्यानें तो वेग वाढविण्याची शक्यता **न्यूटनच्या** नियमाप्रमाणें दिसत होती; परन्तु मायकेलसनच्या व इतर प्रयोगांनीं तीहि गोष्ट उघडकीस आली नाहीं. प्रकाशाचे वेगांत कधींहि बदल होत नाहीं असें आढळून आलें.

कोणत्याहि पदार्थाचा **निरपेक्ष** किंवा खरा वेग काढतां येत नाहीं व प्रकाशाचा वेग कोठूनहि पाहिला तरी बदलत नाहीं या दोन्ही गोष्टींची सांगड ऐन्स्टाइननें घातली. प्रेरणारहित दोन पदार्थांची सापेक्ष स्थिति कशी असते याचें न्यूटनचें समीकरण

$$(x^1 = x - ut, t^1 = t)$$

ऐन्स्टीननें दिलेल्या $\left(x^1 = \frac{x - ut}{\sqrt{1 - u^2}}, t^1 = \frac{t - ux}{\sqrt{1 - u^2}} \right)$ या निराळ्या विशिष्ट पद्धतीनें घेतल्यास वरील अडचणीचा निरास होतो, असें त्यानें सिद्ध केलें व समीकरणांवरून काल व स्थल हीं निरपेक्ष नसून द्रष्टयाचें स्थळ बदललें तर कालहि बदलतो व काल व स्थल हीं एकमेकांवर अवलंबून आहेत असें त्यानें दाखवून दिलें. गति ही स्थल व काल यांनीं अवच्छन्न असली पाहिजे. त्यावेळेपर्यंत स्थान केवळ लांबी, रुंदी, उंची यांनींच निदर्शित करीत असत तें आतां लांबी, रुंदी, उंची व काल यांनीं निर्दिष्ट केलें पाहिजे. म्हणूनच विश्वांतील गति ही चतुःपरिमाणात्मक भूमितीचेंच स्वरूपवर्णन आहे असा आतां निष्कर्ष निघतो.

पदार्थावर प्रेरकांची क्रिया घडत असल्यास सिद्धांताचें स्वरूप जास्त कठीण होतें. त्याकरितां प्रेरक व प्रवेग यांच्या तात्त्विक अस्तित्वाबद्दल विचार करून प्रेरक हे केवळ गतीचेंच निराळें स्वरूप आहे असें दाखवितां येतें. गतीचें वर्णन चतुःपरिमाणात्मक भूमितीच्या आकृतींत वक्रांनीं दर्शवितां येईल असें ठरल्यानंतर तिचें वर्णन निरनिराळा द्रष्टा एकाच पद्धतीनें कसें करील हें गणितानें सांगणें कठीण नाहीं. गतीच्या आकृतींत येणारा वक्रपणा पदा-

र्थांच्या वस्तुमानामुळें येतो व गतीचें वर्णन म्हणजे त्या त्या पदार्थाचें भोंवतालच्या चतुःपरिमाणात्मक भूमितींतील अवकाशाच्या वक्रत्वाचें वर्णनच होय. अर्थात् हें कसें करावयाचें हा विशिष्ट गणितपद्धतीचा प्रश्न आहे व तो तसा सोडविला गेला आहे. **ऐन्स्टाइनचा** व्यापक सापेक्षता सिद्धांत तो हाच.

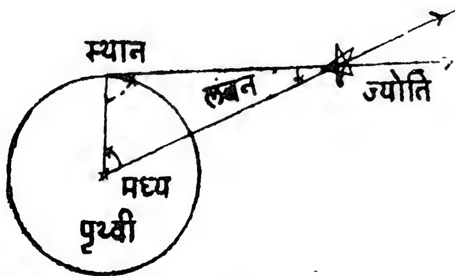


सूर्यकुटुंब--व्यवस्था : २

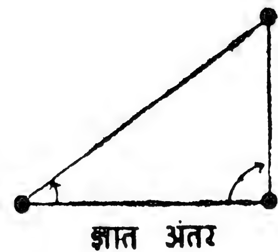
(वेधागत माहिती)

मागील प्रकरणांत आपण सूर्यकुटुंबाविषयींच्या मानवी कल्पनांत एकंदर कसकसा बदल होत गेला, आणि या कामीं उपयोगी पडणाऱ्या गणिती कल्पना प्रकल्पनांचा परिपोष कसकसा होत गेला हें पाहिलें. सूर्यकुटुंबाविषयींचें ज्ञान मिळवितांना वेध कसे घेतले जातात, त्या कामीं कोणती साधनें मुख्यत्वें उपयोगीं पडतात यांचा आतां थोडक्यात विचार करूं.

अंतरासंबंधींः—केप्लरच्या नियमांचा विचार करताना ग्रहांच्या अंतरासंबंधीं उल्लेख आला आहे. हें अंतर कसें काढतात अशी जिज्ञासा होणें साहाजिक आहे. एकाद्या दूरच्या पदार्थाचें अंतर काढतांना प्रथम कोणत्याही दोन स्थानांमधील अंतर पाया म्हणून निश्चित करावें व या दोन स्थानांपासून त्या दूरच्या पदार्थाच्या दिशांचा वेध



पराशर (लंबन) मापन



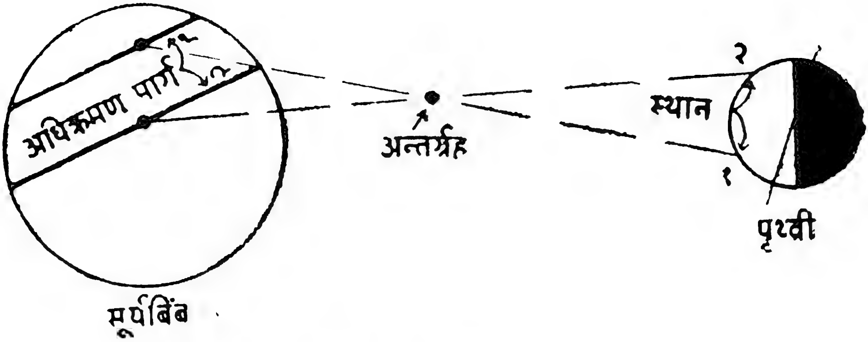
[आकृति नं. ६—लंबन अथवा पराशर.]

घ्यावा. मग साध्या भूमितीच्या आकृतीनें अगर त्रिकोणमितीनें त्या पदार्थाचें दोनही स्थानापासूनचें अंतर काढतां येतें. हीच रीति ग्रहांचें अंतर मोजतांना लावतात. एक द्रष्टा पृथ्वीच्या मध्यावर व दुसरा पृथ्वीच्या

पृष्ठावर आहे, अशी कल्पना केल्यास दोन्ही स्थानावरून काढलेल्या दिशांमधील जो कोन त्यास जुन्या ग्रंथांत लंबन असें नांव दिलें आहे. हें लंबन मिळालें कीं ग्रहाचें अंतर मिळालें. सूर्य, चंद्र, अगर पृथ्वीला जवळ येणारे ग्रह, यांचें अंतर असेंच काढतात. इतर ग्रह हे दूर अंतरावर असल्यानें हें लंबन जरी सूक्ष्म असलें तरी तें मिळाल्यावर अंतर सहजच मिळतें हें स्पष्ट होईल. ताऱ्याचें लंबन काढतांना त्याच्या सापेक्षतेनें पृथ्वी इतकी सूक्ष्म ठरते कीं हा कोन मोजतां येत नाहीं, म्हणून वेध केवळ पृथ्वीवरून न घेतां पृथ्वीच्या कक्षेवरील (किंवा सूर्याभोंवतीं फिरण्याच्या मार्गावरील) दोन स्थलांवरून, विशेषतः सहा महिन्यांचे अंतरानें, घेतात. अशा लंबनास कक्षालंबन असें म्हणतां येईल. यापासून काढलेलीं अंतरें पृथ्वीचें सूर्यापासून अंतर हा एक घेऊन काढतात. या दोन्ही प्रकारच्या लंबनास पराशर असेंहि म्हणतात.

अर्थात् असें काढलेलें अंतर हें पृथ्वीचा व्यास तसेंच पृथ्वीचें सूर्यापासूनचें अंतर किती बरोबर व सूक्ष्म रीतीनें आपण मोजूं शकतों यावर अवलंबून राहील. पृथ्वीवरच्या कोणत्याही दोन स्थानावर ओळंबे टाकले असतांना त्या दोन रेषांमधलि अंतर हें त्या दोन स्थानांमधील अंशात्मक अंतर होय. प्रत्यक्ष त्या स्थानांमधील अंतर मोजलें कीं सबंध पृथ्वीचा घेर किती, म्हणजे पृथ्वीचा परिधि किती हें समजेल. पृथ्वी ही अगदीं वाटोळी नसून नारिंगासारखी चपटी असल्यानें तिची त्रिज्या निरानिराळ्या दिशेस निरनिराळी होईल. लंबन काढतांना त्याबद्दल काळजी घेतली म्हणजे झालें.

या पृथ्वीवरच्या अंतराचा उपयोग करून लंबनानें चंद्राचें अगर सूर्याचें अंतर काढतां येईल. केवळ हीच रीत याकरितां उपलब्ध आहे असें नव्हे. बुध किंवा शुक्र (विशेषतः शुक्र) हे अंतर्ग्रह असल्यानें कित्येक वेळा ते पृथ्वी व सूर्य यांच्या दरम्यान आल्यानें सूर्यबिंबावरून जातांना दिसतात. दोन निरनिराळ्या स्थानांवरून पाहिल्यास ते सूर्यबिंबावरून निरनिराळ्या-



[आकृति नं. ७—ग्रहांचें सूर्यबिंबावरून अधिक्रमण.]

मार्गानें जातांना दिसतील. या दोन्ही स्थानामधील अंशात्मक अंतर व बिंबावरून दोन्ही ठिकाणीं ओलांडतांना लागणारा काळ यावरूनहि सूर्याचें लंबन काढतां येतें. चंद्राचें लंबन तो आपल्या कक्षेंत फिरत असतांना कित्येक वेळां तो कांहीं ताऱ्यांना झांकीत असतो त्यावरूनहि निश्चित करतात.

सूर्यापासून पृथ्वीचें अंतर मिळालें म्हणजे इतर ग्रहांचीं अंतरें केप्लरच्या तिसऱ्या नियमाचा उपयोग करून काढतां येतात. पृथ्वीचा भगण काल व त्या ग्रहाचा भगण काल हे अवलोकनानें समजूं शकतात. पृथ्वीचें अंतर माहीत आहे. त्यावरून ग्रहाचें अंतर काढणें हें नुसतें समीकरणाचें काम आहे.

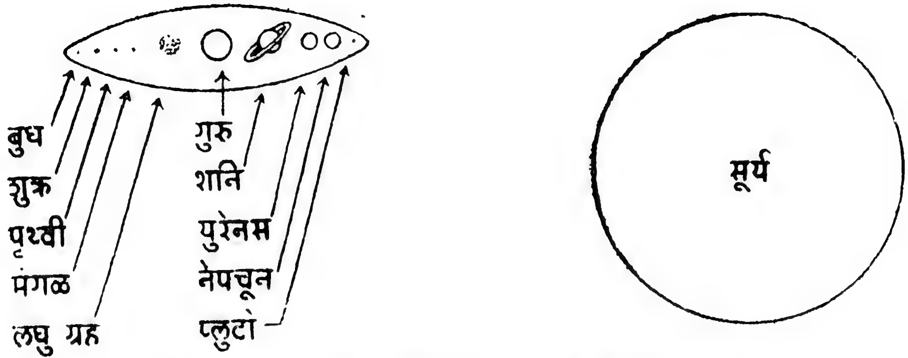
प्रकाशाच्या गतीचाही उपयोग हीं अंतरें काढण्याकरतां केला गेला आहे. गुरूचे उपग्रह त्याजभोंवतीं फिरतांना त्यांचीं ग्रहणें पृथ्वीवरून दिसतात. तीं केव्हां दिसतील हें गणीतानें काढतां येतें. परंतु प्रत्यक्ष पाहिलें असतां तीं त्यावेळीं दिसत नाहींत. हा होणारा कालाचा फरक गुरुपासून पृथ्वीपर्यंत येणाऱ्या प्रकाशाला लागत असला पाहिजे. प्रकाशाचा वेग १८६००० मैल दर सेकंदास असतो हें आपणांस माहींत आहे. यावरून गुरूचें पृथ्वीपासूनचें अंतर मिळालें व हें एक अंतर मिळाल्यास इतर अंतरेंही काढतां येतात हें पूर्वी सांगितलें आहेच.

चंद्राचें अंतर जवळ जवळ २,४०,००० मैल आहे. तें पृथ्वीच्या त्रिज्येचा ६० पट आहे व सूर्याच्या अंतराच्या $\frac{१}{४००}$ आहे. सूर्याचें अंतर ९,३०,००,००० मैल आहे. ११,६०० पृथ्व्या एकास एक लावून ठेवल्या तर सूर्यापर्यंत पोंचतील. पृथ्वीवर साधारण एका ठिकाणाहून निघून पुनः त्याच ठिकाणी आगगाडीनें अगर बोटीनें प्रवास करून परत येण्यास ६० दिवस लागतात अशी कल्पना करूं या. या पद्धतीनें सूर्यापर्यंत जाण्याकरतां असले ४००० प्रवास करावें लागतील व त्या प्रवासांस ६५० वर्षे लागतील. मनुष्याच्या शरीरांतील संवेदना सेकंदास १०० फूट प्रवास करतात अशी कल्पना आहे. एकाद्या मनुष्यानें सूर्यापर्यंत हात लांबवून त्याला स्पर्श केला तर बोटें पोळल्याची गोष्ट त्याच्या मेंदूपर्यंत जाऊन पोंचण्यास १६० वर्षे लागतील. सूर्यावरील स्फोट पृथ्वीवर १४ वर्षांनीं ऐकूं येईल. सर्वांत जलद चालणारा जो प्रकाश तो पृथ्वीवर येण्यास ८ मिनिटें लागतात.

ग्रहमालेच्या सापेक्ष अंतरांची कल्पना देतां येईल ती अशी. मध्यभागीं सूर्य, तेथून १० फुटांवर पृथ्वी, तर ४०० फुटांवर सर्वांत शेवटला ज्ञात ग्रह प्लुटो. या प्रमाणांत अगदीं जवळचा तारा ५१० मैलांवर असेल. यासंबंधांत बोडे नांवाच्या शास्त्रज्ञाच्या अंतराबद्दलच्या नियमाचा उल्लेख केला पाहिजे. ०, १, २, ४, ८, १६, ३२...असे क्रमानें दुप्पट अंक लिहा. त्यांची क्रमानें तिप्पट ०, ३, ६, १२, २४, ४८...अशी होईल. त्यांत प्रत्येकीं ४ मिळविल्यास ४, ७, १०, १६, २८, ५२... असे आंकडे येतात. हे सूर्यापासून फार दूर नसणाऱ्या ग्रहांच्या सरासरी सापेक्ष अंतराचे निदर्शक आहेत. बुध ४ तर शुक्र ७ व पृथ्वी १० इत्यादि. अर्थात् हा नियम गणितागत नसून केवळ अवलोकनानें दिसून आला आहे व शेवटच्या २।३ ग्रहांच्या बाबतींत तरी तो बरोबर परिस्थितीला धरून नाहीं असें दिसून येईल.

ग्रहांचें आकार व वस्तुमान : :

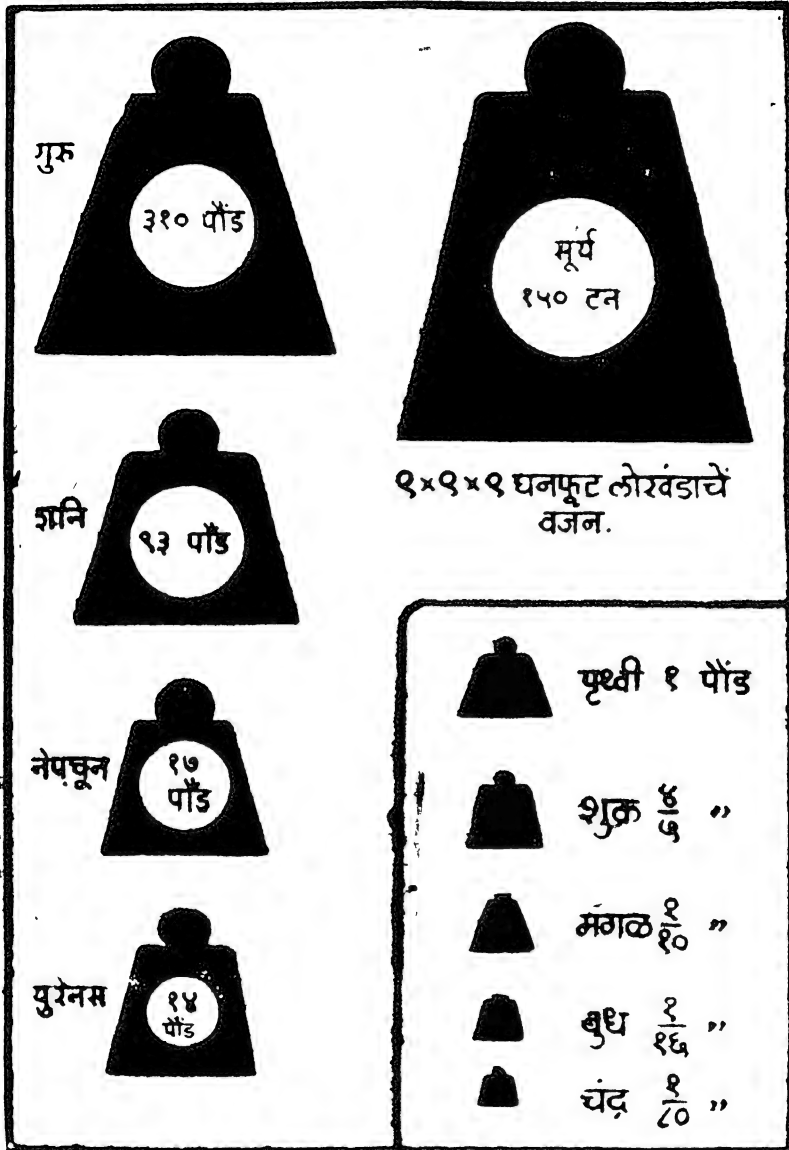
अंतरें कळलीं म्हणजे ग्रहांच्या बिंबांचा अंशात्मक वेध घेऊन त्यावरून त्यांचा व्यासही काढतां येतो. त्यांच्या सापेक्ष अंतराची व आकाराची कल्पना **सर जॉन हर्शेल** यांनीं आपल्या पुस्तकांत मोठी मजेदार दिलेली आहे. एखाद्या सपाट मैदानावर २ फूट व्यासाचा एक गोल घ्या. तो सूर्य,



[आकृति नं. ८—सूर्य आणि ग्रह यांचे सापेक्ष आकार.]

बुध हा त्यापासून ८२ फुटावर असलेला मोहरीचा दाणा. शुक्र, १४२ फुटावर वाटाणा; पृथ्वी, २१५ फुटांवर दुसरा वाटाणा; मंगळ, ३२७ फुटांवर टाचणीचे डोकें; लघु ग्रह, ५०० ते ६०० फुटांवर वाळूचे कण; गुरु, $\frac{1}{4}$ मैलावर साधारण आकाराचें संत्रें; शनी, $\frac{2}{5}$ मैलावर लहान संत्रें; युरेनस, $\frac{3}{4}$ मैलांवर लहानसें बोर व नेपच्यून हें $\frac{5}{4}$ मैलांवर असलेले जरा मोठें बोर.

ग्रह नुसते आकारानें केवढे आहेत त्यापेक्षां त्यांचें वस्तुमान किती आहे ही माहिती मिळविणें जरूर असतें व तीहि मिळवितां येते. एकमेकांच्या आकर्षणासंबंधीं गणित करतांना या वस्तुमानांचा उपयोग करावा लागतो. हेंही वस्तुमान असेंच पृथ्वीसापेक्ष काढतां येतें व त्याकरतां पृथ्वीचें वस्तुमान काय हें प्रयोगांनीं काढावें लागतें. यासंबंधांत स्काटलंड देशांतील एका विशिष्ट टेकडीच्या आकर्षणाची पृथ्वीच्या आकर्षणाशीं तुलना केली



आकृति नं. ९

[सूर्य आणि ग्रह यांचें सापेक्ष वस्तुमान.]

गेली व त्यावरून वस्तुमान ठरविलें गेलें. इतरही मार्गांनीं या अनुमानास बळकटी आणली गेली. धरणीकंपाचाही उपयोग करून हें मान काढण्याचा प्रयत्न केला गेला आहे. या रीतींनीं पृथ्वीचें वजन साधारणतः

६०००,००००००,००००००,०००००० = ६×१०^{११} टन

आहे असें निश्चित करतां आलें आहे. त्यावरून, गुरुत्वाकर्षणाचा नियम व भगण काल यांचा उपयोग करून सूर्यातील व इतरही ग्रहांतील वस्तुमान काढणें सुलभ झालेलें आहे. हें वस्तुमान काढतांना उपग्रहांचाही उपयोग करतां येतो. अशा रीतीनें काढलेल्या सापेक्ष वजनांची थोडीशी कल्पना पुढें दिलेली आहे

सूर्य १५० टन, गुरु ३१० पौंड, पृथ्वी १ पौंड, बुध १ औंस, चंद्र $\frac{१}{५}$ औंस.

पृष्ठभाग व वर्णपट्ट : :

ग्रह आणि उपग्रह यांच्या पृष्ठभागांचाही अभ्यास करणें जरूर असतें. पृष्टभागाच्या नुसत्या वास्तविक दृश्य स्वरूपाची कल्पना त्यावर दुर्बिणींतून किंवा इतर दिसणाऱ्या दृश्य चिन्हांच्या आकृतीवरून करतां येतें. पृष्ट-भागाच्या स्थितीचें ज्ञान वर्णपट्टनिदर्शक साधनानें केव्हां केव्हां होतें. हा वर्णपट्ट म्हणजे काय हें आपण पाहूं.

प्रकाश किरण हे कित्येक वेळां अल्पक व कित्येक वेळां लहरी रूप आहेत अशी कल्पना करावी लागते. परंतु त्याचे बहुतेक गुणधर्म तो लहरी किंवा तरंग स्वरूपाचा आहे या गोष्टीचे निदर्शक आहेत असें म्हणतां येतें त्या लहरी आहेत असा सिद्धांत केला म्हणजे त्यास वेग व लांबी आहे असें ठरतें. लहरीच्या लांबीस तरंगायाम म्हणतात. एखाद्या पारदर्शक पदार्थावर प्रकाशकिरण टाकला तर तो त्या पदार्थांत साधारणपणें पूर्वीच्या

सरळ मार्गानें न जातां दिशा बदलतो व निराळ्याच दिशेनें पण सरळ मार्गानें जातो ही गोष्ट आतां प्रसिद्ध आहे. यासच प्रकाशाचें वक्रीभवन असें म्हटलें आहे. हा दिशेंत होणारा बदल या तरंगायामावर अवलंबून असतो व त्यामुळें निरनिराळ्या आयामांचा प्रकाश एकाच दिशेनें टाकला तरी तो बाहेर पडतांना निरनिराळ्या दिशांनीं बाहेर पडेल हें स्पष्ट आहे.

एखाद्या लहानशा फटींतून सूर्याचा प्रकाश येत असतांना त्यांत लोलक धरला तर लोलकाच्या एका बाजूवर पडणारा सूर्यप्रकाश दुसऱ्या बाजूनें बाहेर पडतो तेव्हां तो एकजिनसी, एकरंगी, न येतां 'तानापिहिनिपाजा' या सूत्रानें दर्शविल्याप्रमाणें तांबडा, नारिंगी, पिवळा, हिरवा, निळा, पारवा, जांभळा इत्यादि वर्णांत पिसकारलेला मिळतो. एवढेच नव्हें तर हे सर्व वर्ण इतके अविच्छिन्नपणें एकापुढें एक येतात कीं त्यांतला एक निश्चितपणें संपला कोठें आणि दुसऱ्याला सुरवात झाली कोठें हें सहजासहजीं उमगत नाहीं. सूर्यप्रकाशाचा हा एक वर्णपटच झाला. हें जें सूर्यतेज म्हणून सांगितलें त्याचा कांहीं भागच फक्त प्रकाशरूपानें वरीलप्रमाणें प्रतीत होतो. उरलेला कितो तरी भाग असतो त्यांतला कांहीं भाग निकाशद्वारा समजू शकतो. तांबड्या वर्णाच्या अलीकडचा जो भाग त्याला अतिरक्त किंवा उपारुण म्हणतां येईल आणि जांभळ्या पलीकडच्या भागाला अतिनील किंवा अतीन्द्र म्हणतां येईल.

या प्रकाशलहरी रेडिओ लहरींसारख्याच परंतु अत्यंत सूक्ष्म असतात. उदाहरणार्थ, रक्तरंगाच्या प्रकाशलहरींची लांबी व जांभळ्या प्रकाशलहरींची लांबी एका इंचाच्या

$\frac{१}{२५ \times १०^{६}}$ $\frac{१}{२० \times १०^{८}}$ इतकी असते.

सूर्य प्रकाश हा अशा रीतीनें असंख्य लहान मोठ्या आयामांच्या तरंगांचा बनलेला असला तरी तो ' वर्णदर्श ' नांवाच्या साधनांतून—ज्याचें मूळ तत्त्व थोडक्यांत वर सांगितलें आहे.— निरनिराळा करून अभ्यासिता येतो.

वर्णदर्शाच्या साहाय्यानें मुख्यत्वें प्रदीप्त पदार्थांच्या घटनेचा अभ्यास करतां येतो. याबाबतींत पुढील ठळक गोष्टी ध्यानांत घेण्याजोग्या आहेत.

१. घन, द्रव, आणि (कांहीं विशिष्ट परिस्थितींत) वायु अवस्थेंत असलेल्या प्रदीप्त पदार्थांपासून अखंड वर्णपट मिळतो; म्हणजे वर्णपटांतील एक वर्ण संपून दुसऱ्याला सुरवात होते ती अगदीं बेमालूमपणें होते. प्रदीप्त अवार्णूपासून किंवा विजेच्या दिव्यांतल्या टंगस्टन तारेपासून या प्रकारचा वर्णपट मिळूं शकतो.

२. प्रदीप्त वायूपासून साधारतः ठळक, तेजोरेषात्मक, वर्णपट मिळतो. या रेषांचें वर्णपटांतलि स्थान मुख्यत्वें त्या वायूच्या प्रकारावर व अंतर्रचनेवर, अवलंबून असतें. प्रयोगशाळेंत असा वर्णपट निरनिराळ्या प्रकारांनीं—उदाहरणार्थ दिव्याच्या प्रखर ज्योतींत धरून, त्या त्या पदार्थाचें वायवीकरण करून, विद्युच्छलाकेंत किंवा स्फुलिंगांत धरून, किंवा विरल वायूंतून मोठी, ऊर्जस्वी, वीज खेळवून—मिळवतां येतो. शोणातु (स्ट्रॉंटियम), सामुद्रातु–(सोडियम) इत्याहि हरएक मौलाच्या स्वतःच्या म्हणून कांहीं रेषा असून त्यांचीं वर्णपटांतील स्थानें ही ठराविक असतात. निरनिराळ्या मौलांचें मिश्रण करून तें प्रखर ज्योतींत धरलें तरी त्यांतला प्रत्येक जण आपापल्या रेषा आपापल्या ठराविक जागींच उमटवितो.

३. प्रदीप्त पदार्थांपासून निघणारा प्रकाश जेव्हां तत्सापेक्ष थंड वायूंतून येतो तेव्हां अखंड वर्णपटावर कांहीं कृष्णरेषा आढळतात. अखंड वर्णपट प्रदीप्त पदार्थांचा निदर्शक असून कृष्णरेषा आढळतात त्या,

थंड म्हणून सांगितलेल्या वायूच्या निदर्शक असतात. प्रदीप्त अवस्थेंत त्या त्या वायूंच्या रेषा जेथें उमठल्या असत्या तेथेंच या कृष्णरेषा उमटतात.

४. प्रदीप्त पदार्थाला गति असेल आणि तो पदार्थ आपल्या दृष्टीच्या रेषेंत, द्रष्ट्याकडे, धांवत येत असेल तर त्या पदार्थाच्या निदर्शक वर्णरेषा आपापल्या स्थानांपासून अतिनील बाजूला चळलेल्या दिसतील, आणि तोच पदार्थ जर द्रष्ट्यापासून दूरदूर जात असेल तर ही चळणूक अतिरक्त बाजूला आढळेल. येथें तुलना करावयाची ती अर्थातच तो पदार्थ स्थिरावस्थेंत असतांना उमटलेल्या रेषास्थानांशी करावयाची. जितका वेग अधिक तितकी ही चळणूक अधिक ग्रहांचें अगर ताऱ्यांचे दृष्टिरेषेंतील वेग अगर त्याचें परिवलन या पद्धतीनें अजमावतां येतें.

सूर्याचा प्रकाश जेव्हां चंद्रावरून परावर्तन पावून पृथ्वीवर येतो तेव्हां त्याच्या वर्णपटांत ज्या शोषणरेषा (कृष्णरेषा) आढळतात त्या केवळ आपल्या येथील वायूंनीं कांहीं तेजांश शोषल्यामुळें उत्पन्न झाल्या आहेत असें दाखवतां येतें. परावर्तन न पावतां आलेल्या सूर्यप्रकाशांतही याच रेषा आढळतात. उलटपक्षीं, गुरु, शनि इत्यादिकांपासून मिळणाऱ्या प्रकाशांत या कृष्णरेषांखेरीज आणखी कांहीं कृष्णरेषा आढळतात. यावरून चंद्रावर वातावरण नसावें, आणि गुरु-शनीवर तें असावें असें अनुमान काढतां येतें. त्या त्या रेषांच्या स्थानांवरून या वातावरणांतील घटक कोणते असावेत हें सांगतां येतें.

निरनिराळ्या वर्णांच्या प्रकाशाच्या केवळ निरनिराळ्या तरंगयामांच्या शलाकाच आहेत एवढेच नव्हे तर आपण कोणताही जो एक रंग म्हणून समजतो तो सुद्धा सर्व एक प्रकारचाच नसून त्यांतही प्रत्येकीं जवळ जवळ अशा कितीतरी छटांच्या रेषा असून त्या आपणास संकलित स्वरूपांत

दिसतात. हे निरनिराळे आयाम कां व कसे असतात हें समजण्यासाठीं पदार्थांच्या अणुरेणूंच्या व्यवस्थेचें वर्णन करावें लागेल. इतकें सांगितलें म्हणजे तूर्त पुरे आहे कीं ते पदार्थांच्या अणुरेणूंच्या व्यवस्थांचे निदर्शक आहेत.

भ्रमणमार्ग—ग्रहांचीं स्थानें व गति यांचा विचार करण्याकरतां त्यांच्या कक्षासंबंधींही पूर्ण माहिती असणें इष्ट असतें. प्रत्येक ग्रहाची कक्षा लंब-वर्तुलाकृति (विवृत्त) असून सूर्य तिच्या एका केंद्रांत आहे हें पूर्वी सांगितलेंच आहे. ही कक्षा आयनिक वृत्ताच्या पातळीशीं बहुतेक कललेली असते. हें जें अंशात्मक अंतर तो त्या कक्षेचा कल किंवा विक्षेप होय. कक्षेचे आयनिक पातळीशीं जे छेदनबिंदु ते पात होत. बृहदक्षाचें सूर्यापासून सर्वांत जास्त अंतराचें टोंक तें मंदोच्च अथवा अपसूर्यबिंदु, व कमी अंतराचें टोंक तो उपसूर्य बिंदु. केंद्र व मध्य यांच्या अंतराचें व बृहदक्षाचें गुणोत्तर ती विकेंद्रता किंवा केंद्रच्युति. या विकेंद्रते (केंद्रच्युति) वरून लंबवर्तुलाच्या लांबट किंवा चपट्या आकाराची कल्पना येते. कधीं कधीं

बृहदक्ष–लघुअक्ष

बृहदक्ष

ह्या परिमाणानेंही लांबट किंवा चपट्या आकाराची कल्पना दिली जाते. यास विवृत्तत्व असें नांव दिल्यास ठीक होईल. कोणत्याही ग्रहाचा बृहदक्ष, विकेंद्रता (अथवा विवृत्तत्व), अक्षदिक्, पातस्थान, पातगति, अक्षगति कक्षांकल (अथवा विक्षेप), भगण व ग्रहसापेक्ष काल यांची माहिती करून घेतली म्हणजे तो ग्रह पूर्णपणें निश्चित झाला आहे असें समजतात. यांत पातगति उलट दिशेस (पूर्वेकडून पश्चिमेकडे) व मंदोच्चगति ग्रहाच्याच दिशेस (पश्चिमेकडून पूर्वेकडे) असते. ह्या सर्व गोष्टी माहीत झाल्या असतां तो ग्रह पुढें कोणत्याही कालीं कोठें असेल हें गणितानें काढतां

येतें. ग्रहसापेक्ष कालज्ञान ह्याचा अर्थ तो ग्रह अमुकवेळीं आपल्या कक्षेवर अमुक ठिकाणीं केव्हां आहे याचें ज्ञान. ही सर्व अंगें पूर्णपणें माहीत होण्या-करतां काल, अंतर व स्थान यासंबंधीं कोणत्याही ग्रहाचे तीन वेध घेतल्यास गणित प्रक्रियेनें तीं काढतां येतात व कक्षाप्रतिपात्ति पूर्णपणें होऊं शकतें.

ग्रहमालेचा अभ्यास—सूर्यकुलाचा अभ्यास करतांना बहुतेक ग्रह उपग्रहांची कांहीं सामान्य माहिती सांगतां येते. त्यांपैकीं कांहीं अशीः—

(१) कांहीं लघुग्रहांखेरीज इतर सर्वजण गोलाकृति आहेत.

(२) ते आपआपल्या आंसाभोंवतीं फिरतात.

(३) उपग्रह ग्रहाभोंवतीं, व ग्रह सूर्याभोंवतीं, केप्लरच्या नियमास अनुसरून फिरतात.

(४) त्यांवर असलेलीं द्रव्यें पृथ्वीवर असलेल्या द्रव्यांसारखींच आहेत.

आतांपर्यंत सूर्यकुल कोणत्या नियमांनीं बद्ध आहे याचा सामान्यतः विचार केला आहे. एकाद्या कुटुंबाची ओळख करून घेतानां त्या कुटुंबाची वैशिष्ट्यें, कुलाचार, संबंध, त्यांची राहाणी इत्यादि माहिती करून घेऊन व्यक्तीची माहिती घेतली म्हणजे त्या कुटुंबाची पूर्ण ओळख झाली असें म्हणण्यास प्रत्यवाय नाहीं- प्रत्येक व्यक्ति कोठें आढळेल, तिची वागणूक, पेहराव व इतर वैशिष्ट्यें इत्यादि गोष्टींचें ज्ञान झाले म्हणजे त्या त्या व्यक्तीची भेट घेण्यास व तदनुरूप त्याजबरोबर वागणूक ठेवण्यास सोपें जातें. असाच विचार सूर्यकुलांतील ग्रहांचा करून त्या त्या ग्रहाची माहिती मिळविली म्हणजे सूर्यकुलाचा अभ्यास झाला. प्रत्येक ग्रहाचा असा अभ्यास करतांना खालील गोष्टी तरी अवगत करून घ्याव्या लागतातः—

१ त्याच्या कक्षेसंबंधीं ज्ञान.

२ त्याचें अंतर.

३ त्याचा आकार, पृष्टफळ, घनफळ.

४ त्याचें वस्तुमान व पृष्टभागावर होणारें गुरुत्वाकर्षण:—या गुरुत्वाकर्षणाचा पृथ्वीशीं तुलनात्मक अभ्यास केल्यास फारच चांगलें. पृथ्वीवरून एकादा पदार्थ फेंकला आणि तो दर सेकंदास ७ मैलापेक्षां जास्त वेगानें गेला तर तो पृथ्वीच्या आकर्षणाच्या टप्प्यांतून बाहेर जाऊं शकेल; त्यापेक्षां कमी वेग असल्यास तो परत पृथ्वीवर येईल. ह्या वेगास मोक्षवेग म्हणतात. हा प्रत्येक ग्रहाचा निरनिराळा असूं शकेल.

५ त्यांतील द्रव्यें:— आपल्याला सर्वत्र आढळणाऱ्या एकंदर पदार्थांचे पृथःकरण केल्यास ते ९६ किंवा ९८ मूलद्रव्यांपैकीं कशाचे ना कशाचे तरी बनलेलें आहेत हें दाखवितां येतें. एकाद्या आकाशस्थ ज्योतीच्या द्रव्यांचा अभ्यास म्हणजे त्यावर (त्याच्या अंतरंगांत, पृष्ठभागावर किंवा वातावरण असल्यास त्यांत) कोणतीं द्रव्यें आहेत याचा निश्चय करणें होय.

६ तेज:—अंतर्गत तेज असल्यास तें आणि त्यास सूर्यापासून मिळणारें तेज. त्यांतला किती आणि कोणता भाग बाहेर टाकला जातो या ज्ञानामुळें त्या त्या पदार्थाचें तपमान काय असावें याचा आणि तदनुषंगानें इतर कांहीं निष्कर्ष काढतां येतात. पदार्थापासून परावर्तन पावणारा प्रकाश हा कधीं कधीं त्याच्या प्रत्यक्ष स्थितीचें (ओबडधोबडपणा इत्यादि) अनुमान काढण्यास उपयोगी पडतो. म्हणून त्याच्या पृष्टभागावरून प्रकाश किती प्रमाणांत परावर्तित होतो हेंही अभ्यासावें लागतें. या परावर्तनाच्या प्रमाण निदर्शक अंकास प्रकाश-प्रतिक्षेप (Albedo) म्हणतात.

७ त्याच्या पृष्ठभागाची स्थिति व वातावरण.

८ त्याचें स्वत:भोंवतीं घडणारें वलन व अन्य गोलाभोंवतीं घडणारें भ्रमण:—भ्रमण व वलन यास लागणारा काल किती हें कळाल्यानें त्याच्या

पृष्ठभागावर सूर्यप्रकाश किती वेळ असूं शकेल याची व तदनुषंगानें पृष्ठभागाच्या तपमानाची कल्पना येते. भ्रमणकाल म्हणजे सूर्याभोंवतीं एक संपूर्ण प्रदक्षिणा करण्यास काल लागतो तो. पृथ्वीवरून दिसणाऱ्या त्याच्या भ्रमण कालापेक्षां हा त्याचा निजभ्रमण काल निराळा आहे. सूर्य व ग्रह पृथ्वीवरून एकाच दिशेस दिसतात अशी कल्पना केल्यास पूर्ण प्रदक्षिणा करून परत सूर्य व ग्रह एकाच दिशेस दिसण्यास लागणारा जो काल त्यास सांवासिक काल म्हणतात. भारतीय ज्योतिष्यक भाषेंत सांगावयाचें असल्यास त्या त्या ग्रहाच्या शीघ्रोच्चापासून पुनः शिघ्रोच्चापर्यंत ग्रहास येण्यास लागणारा काल तो सांवासिक काल. एका नक्षत्रापासून सूर्य-प्रदाक्षिणेला निघून पुन्हां त्याच नक्षत्रापर्यंत येण्याला लागणारा काल तो नाक्षत्र काल.

९ त्याला उपग्रह असल्यास त्याची माहिती.

१० इतर कांहीं वैशिष्ट्यें असतील त्यांची माहिती.

या गोष्टींची प्रत्येक ग्रहासंबंधीं माहिती घेतली म्हणजे सूर्यकुलाची आपल्या कामापुरती ओळख झाली असें म्हणण्यास हरकत नाहीं.

बुध आणि शुक्र : ३

बुध व शुक्र—

हे दोघेही अंतर्ग्रह आहेत; म्हणजे त्यांचा सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालण्याचा मार्ग सूर्य आणि पृथ्वी यांच्या दरम्यान आहे. वैदिक कालापूर्वीही माहिती असलेल्या पंचग्रहांपैकीं हे असून बुधाला विट, ज्ञ, बोधन, चंद्र-पुत्र, हेम्न, रौहिणेय, सौम्य इत्यादि नांवें आहेत. बुध म्हणजे 'शहाणा' या अर्थानें जशीं यांतलीं कांहीं नांवें आहेत तशींच रौहिणेय व चंद्रपुत्र हीं नांवें एका पौराणिक कथेच्या अनुषंगानें बुधाला मिळालीं आहेत. चंद्र हा रोहिणीवर अनुरक्त झाला व त्या दोहोंचें अपत्य म्हणजेच 'बुध' असा त्या कथेचा इत्यर्थ आहे. विट, सौम्य, हेम्न हीं नांवें फलज्योतिषांतलीं आहेत व त्यांवरून बुधाचे गुण दर्शविले आहेत.

बुधाप्रमाणेंच शुक्रालाही अनेक नांवें आहेत. दैत्यगुरु **शुक्राचार्य**, त्याची कन्या **देवयानी** आणि **कच** यांची कथा संस्कृत वाङ्मयांत प्रसिद्धच आहे. काव्य, उशना, भार्गव, कवि या लौकिक नांवांप्रमाणेंच शीत आणि आस्फुजित् या नांवांनीं तो फलज्योतिष वाङ्मयांत ओळखला जातो. आकाशांतल्या सर्व ग्रहांत व नक्षत्र-तारकांत तो अत्यंत देदीप्यमान; त्यांचा जणु अग्निमच असल्यामुळें शुक्र शब्दानें अग्नि, तेज, ज्येष्ठ, ज्येष्ठ महिना असा निर्देश केला गेला आहे.

हे दोन्हीं ग्रह सूर्योदयापूर्वी किंवा सूर्यास्तानंतर दिसत असले तरी त्यांतला बुध हा विषुववृत्ताजवळपासच्या देशांतून जसा वरचेवर पाहतां येतो तसा तो विषुववृत्तापासून दूर, उत्तरेकडील, देशांत दिसत नाहीं. यामुळेंच बहुतेक प्राचीन ग्रीकांचा गैरसमज झाला व त्यांनीं सूर्योदयापूर्वी दिसणारे पूर्वाकाशांतले दोन ठळक ग्रह हे सूर्यास्तानंतर दिसणाऱ्या पश्चिमे-

कडील ग्रहांपासून भिन्न मानले. या दृष्टीनेंच त्यांनीं बुधाला अपोलो व मर्क्युरी आणि शुक्राला फास्फरस व हेस्परस अशीं नावें दिलीं.

बुध

बुधदर्शन—

बुध सर्व रात्रभर आकशांत दिसूं शकत नाहीं; कारण सूर्याभोंवतीं परिभ्रमण करण्याची त्याची कक्षा फार लहान आहे व म्हणूनच तो सूर्याला सोडून दूरवर जात नाहीं. सूर्योदयापूर्वीं थोडावेळ तो पूर्व क्षितिजावर उगवतो व तेथून तो आकाशांत वरवर चढत चढत थोडें अंतर चालून जातों न जातों तोंच पूर्व क्षितिजावरून वर येणाऱ्या सूर्याच्या प्रकाशांत तो लोपून जातो. उलटपक्षीं पश्चिम क्षितिजावर त्याचा अस्त व्हावयाचा असतो तेव्हांदेखील क्षितिजाखालीं सूर्य बुडाला न बुडाला तोंच पश्चिमेकडे तो दिसूं लागतो आणि झरझर सूर्यापाठोंपाठ अस्तास जातो. सूर्यापासूनचें त्याचें कोनात्मक अंतर जास्तींत जास्त झालें तरी २८° असतें. त्यामुळें घड्याळाच्या लंबकानें हेलकावे घ्यावेत त्याप्रमाणें तो पृथ्वीवरून पहाणाराला सूर्याभोंवतीं येरझारा घालीत असलेला वाटतो. परंतु आकाशांतल्या स्थिर ताऱ्यांचा पार्श्वपट ध्यानांत घेतला आणि त्याच्या अनुरोधानें बुध कोठें दिसतों हें दररोज टिपून ठेवलें तर बुध हा भपंजरांत कोणत्या मार्गानें जातों हें ध्यानांत येतें. हीच त्याची परिभ्रमण कक्षा. ही कक्षा व पृथ्वीची कक्षा (आयनिकवृत्त) ही दोन्ही एकच नसून त्यांचा एकमेकींशीं ७° चा कोन झालेला दिसतो. एकटा प्लुटो वगळला तर इतर कोणत्याही ग्रहाची कक्षा आयनिक वृत्तापासून यांपेक्षा अधिक ढळलेली नाहीं.

सकाळीं सूर्योदयापूर्वीं किंवा सायंकाळीं सूर्यास्तानंतर बुधाचें दर्शन घडण्याजोगें असलें तरी आपल्या देशांत साधारणतः पहांटे आकाश निरभ्र

असून धुकें नसेल अशा वेळीं, सूर्यापासून तो अत्यंत दूर दिसतो त्यावेळीं (परम इनापगम वेळीं), बुध चांगला दिसूं शकतो. यासाठीं विशेषतः सप्टेंबर, आक्टोबर हे महिने अधिक चांगले. सायंकाळीं पहावयाचा असल्यास मार्च अगर एप्रिल महिन्यांत त्याचा परम इनापगम घडत असेल तर तो चांगला दिसतो. अनुकूल परिस्थितींत तो सुमारें पंधरवडाभर लागोपाठ दररोजही पहातां येतो. चंद्राप्रमाणेंच बुधालाही कला आहेत, तथापि या कलांचा त्याच्या दृश्य चकाकीवर फारसा परिणाम होत नाहीं. हल्लीं दुर्बिणींना चांगल्याशा झांपडी लावल्या म्हणजे ऐन दिवसादेखील बुधाचें दर्शन घेण्याची सोय झाली आहे. परम इनापगमाच्या वेळीं तो पहिल्या प्रतीच्या तार्‍यांहूनही पुष्कळदां अधिक तेजस्वी दिसतो. त्यावेळीं त्याची प्रत --१·२ ते + १·१ असते.

बुधकक्षा—

सूर्याच्या पूर्वेला किंवा पश्चिमेला बुध जातो तो कधीं सूर्यापासून १८ तर कधीं २८° अंशांपर्यंत दूरवर जातो. त्यावेळीं त्याचा दृश्य बिंबव्यास ५" ते १३" चा असतो. यावरून बुधाची प्रदक्षिणा सूर्याभोंवतीं घडते ती सर्कशींतल्या घोड्याप्रमाणें वृत्ताकृति मार्गानें नसून ती विवृत्ताकृति (लंबवर्तुल) मार्गानें असली पाहिजे. बुध हा सूर्यापासून जवळांतजवळ (उपसूर्य बिंदूजवळ) येतो तेव्हां सूर्यापासूनचें त्याचें अंतर २८,६००,००० मैल व दूरातदूर जातो तेव्हां (अपसूर्य बिंदूजवळ) ४३,४००,००० मैल असतें; सरासरी अंतर ३६०००००० मैल आहे. उपसूर्य बिंदुजवळ त्याचा कक्षागत वेग सेकंदाला, जास्तींत जास्त, ३५मैल, व अपसूर्यबिंदूजवळ तो कमीत कमी, सेकंदाला २३ मैल, असतो. त्याच्या मार्गाची विकेंद्रता (केंद्रच्युति) ०·२ आहे.

बुधाचें सूर्य-बिंब-लंघन—

सूर्याभोंवतीं परिभ्रमण करतांना पृथ्वीशी सापेक्ष, सूर्य व पृथ्वी यांच्या दिशेनेंच बुध दिसेल. तो सूर्य व पृथ्वी यांच्या दरम्यान असल्यास त्यास अंतर्युति व बाहेरच्या बाजूस, सूर्यापासून पलीकडे, असल्यास बहिर्युति असें म्हणतात. त्यामुळें तो पृथ्वीपासून केव्हां केव्हां फार जवळ व केव्हां केव्हा फार दूर असतो. त्याची कक्षा आयनिक वृत्ताशीं कललेली असल्यानें तो सूर्य-बिंबाच्या थेट मागें अगर पुढें दर प्रदक्षिणेच्या वेळीं येऊं शकत नाहीं. मात्र कांहीं प्रसंगीं तो थेट सूर्यबिंबावरून जातो. त्यावेळीं सूर्यबिंबाच्या सुमारें $\frac{1}{150}$ व्या व्यासाचा काळा ठिपका झगझगित बिंबावरून हळूंहळूं सरकत असलेला दिसतो हें एक प्रकारें बुधामुळें सूर्याला लागलेलें ग्रहणच. त्याला ग्रहण न म्हणतां अधिक्रमण हें नांव देतात. सूर्यबिंबाच्या पिछाडीस बुधाचें मार्गक्रमण चालूं असतांना केव्हां केव्हां थेट सूर्यबिंबापलीकडे बुध असतो. हेंच बुधाचें सूर्य–बिंबानें केलेलें पिधान होय.

बुधाच्या अधिक्रमणामुळें बुधाचें सूर्यापासूनचें अंतर ठरविण्याला मदत होतें. त्याचप्रमाणें पृथ्वीचें स्वतःच्या अक्षाभोंवतींचें परिवलन किती हळूं वा झपाट्यानें चालूं आहे हेंही ठरवितां येतें. आपली आसघटिका (स्टँडर्ड क्लॉक) ही पृथ्वीच्या परिवलनावर अवलंबून असून हें परिवलन संथपणें, अगदीं बिनचूक वेगानें, चालूं आहे असें आपण मानतों आणि त्यावरूनच कोणते तारे कोणत्यावेळीं कोठें दिसतील हें सांगूं शकतों. पृथ्वी जर एकाच वेगानें परिवलन करीत राहिली नसती तर आकाशांतल्या कांहीं आविष्कारांनीं तरी पृथ्वीशीं धरलेला ठेका सोडला असता, व मग बिनचूक भविष्य कधींच करतां आलें नसतें. आपलें एकट्याचेंच घड्याळ जेव्हां मागें रेंगाळतें किंवा जलद धांवतें, तेव्हां अनुक्रमें आपली गाडी चुकते किंवा ती फलाटालाही लागलेली नसते; व त्यावरूनच आपण आपलें घड्याळ चुकलें असें म्हणतों.

याच न्यायानें चंद्रसूर्यांच्या गतिसातत्यांत आढळणारे फेरफार, गुरूच्या उपग्रहांच्या गतींतील बदल, बुधाच्या अधिक्रमणाचा आगेमागेपणा, यावरून पृथ्वीच्या वलनाचा आवेग थोडा थोडा कमी होत असावा असें दिसून आलें आहे. याचाच अर्थ, परिवलन काल वाढत असावा. ही वाढ फारच अल्प आहे. यामुळें एक लक्ष वर्षांत एक दिवस एका सेकंदानें वाढतो असें निश्चितपणें काढतां आलें असून पृथ्वीवरील भरती ओहोटीमुळें निर्माण होणारा प्रतिरोध हें त्याचें कारण असावें असेंही आतां निर्णित झालें आहे.

१९४० च्या ११ नोव्हेंबरास जेव्हां बुधाचें अधिक्रमण घडलें तेव्हां अमेरिकेच्या नाविक वेधशाळेतून वेध घेतांना असें आढळलें कीं वर्तविलेल्या वेळेनंतर २६.१ सेकंदांनीं बुधानें रविबिंबाला प्रथम स्पर्श केला व बिंबाच्या एका कडेपासून दुसऱ्या कडेला पोंचण्याला त्याला अपेक्षित वेळेपेक्षां १८ सेकंद कमी लागले. यांतली पहिली बुधाची परिभ्रमणच्युति असून दुसऱ्या बाबतींत अद्याप समाधानकारक उत्तर मिळावयाचें आहे.

यापुढील अधिक्रमणें १४ नोव्हेंबर १९५३, ६ मे १९५७, ७ नोव्हेंबर १९६०, ६ मे १९७० व १० नोव्हेंबर १९७३ रोजीं घडावयाचीं आहेत.

बुधाचें शारीरविज्ञान—

बुधाचा व्यास मोजतां आला आहे. तो ३११० मैल म्हणजे पृथ्वीच्या सुमारें $\frac{२}{५}$ होईल. त्याच्या चकाकीमुळें आणि सूर्यापासूनचें त्याचें अंतर कमी असल्यामुळें त्याच्या व्यासाच्या बाबतींत अनिश्चितताच आहे.तद्वतच वैषुव-व्यास हा ध्रुवव्यासापेक्षां मोठा असल्याचाही निश्चित वेधगत पुरावा नाहीं. क्षेत्रफळ सुमारें पृथ्वीच्या $\frac{१}{६}$ व घनफळ $\frac{१}{१५}$ असेल. बुधाभोंवतीं उपग्रह नाहीं; त्यामुळें त्याचें वस्तुमान काढणें कठीण आहे. इतर ग्रहांवर घडणाऱ्या त्याच्या आकर्षण परिणामावरून हें काढणें शक्य आहे. पण तो सूर्याजवळ

असून आकारानें लहान असल्यानें हे परिणाम अगदी सूक्ष्म आहेत. त्याचें त्यामुळें निश्चित वस्तुमान काढणें कठीण झालें आहे. परंतु निरनिराळे वेध व गणित-प्रक्रिया यांवरून बुधाचें वस्तुमान पृथ्वीच्या $\frac{१}{२३}$ व सूर्याच्या $\frac{१}{७५ \text{ लक्ष}}$ असावें असें वाटतें. यावरूनच त्याची घनता पृथ्वीच्या $\frac{२}{३}$ आणि त्याच्या पृष्ठभागी गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या ०·२७ असावें असें अनुमान करतां येतें.

बुध परिवलन—

लोवेल वेधशाळेंतील दुर्बिणींतून **टॉंबो** नावाच्या शास्त्रज्ञाला बुधाच्या बिंबावर कांहींतरी निश्चित आकृति असाव्यात असें दिसलें. चंद्रबिंबावर डाग दिसतात तद्वतच या आकृति असून त्यांत कांहीं फेरफार आढळत नाहींत असें त्याचें म्हणणें आहे. **शियापरेली** ह्या शास्त्रज्ञाच्या मतें बुधाची एक बाजू कायमची सूर्याभिमुख असून बुधाला आपल्या अक्षाभोंवतीं एक फेरी करण्याला त्याच्या नाक्षत्र परिभ्रमण कालाइतकाच, म्हणजे ८८ दिवसांचा अवधि लागतो. याचें एक गमक नुकतेंच उपलब्ध झालें आहे तें असें कीं एखादा द्विधातवीय तपमापक घेतला आणि त्यावर केवळ बुधापासूनच निघणारें तेज पडेल अशी व्यवस्था केली तर असें दिसतें कीं बुधाचें जें अंधारांतलें अर्धांग (सूर्यापासून दूरचा भाग) त्यापासून आलेल्या तेजः प्रारणांत कधींच कांहीं बदल आढळत नाहीं. ही बाजू जर अंधारांत नेहमींच न राहती, व केव्हां ना केव्हां तरी सूर्य प्रकाशांत येती, तर थोडासा तरी तेजाचा अंश तिनें परावर्तित केला असता व परिवलनाच्या निरनिराळ्या अवस्थांत या अर्धांगाच्या भागांतून निरनिराळ्या इयत्तेचें तेज मोजावयाला मिळालें असतें.

कोणत्याही ग्रहावरील भरती-ओहोटींतून जो प्रतिरोध निर्माण होतो त्याचा परिणाम होऊन परिवलनाचा काळ वाढतो व तो वाढतां वाढतां

अखेरीस परिभ्रमणाच्या कालाबरोबर होतो. बुध हा एकेकाळीं तप्ताश्मरसाचा लवलवीत गोळा असेल तर तो स्वतःभोंवतीं फिरतां फिरतां त्याच्या विषुव-भागीं भरतीची लाट उसळेल व तिच्या घर्षणाकर्षणानें परिभ्रमण कालाबरोबर परिवलन काल येऊं लागेल हें उघड आहे.

बुधाचें तपमान—

वर जो द्विधतवीय तपमापक सांगितला, त्याचा उपयोग केल्यावर असें आढळतें कीं,बुधाच्या सूर्याभिमुख अंगाचें तपमान सुमारें ३५०° श. असून तेथें सूर्यप्रकाशामुळें शिसेंही वितळेल. पेटिट व निकल-सन यांनीं हें तेज पाण्यामधून, कांचेंतून व फ्लुअराइट मधून घेऊन तपा-सलें तेव्हां सूर्याभिमुख मध्यअंगाचें तपमान ४४०° श. असें आढळलें आहे. म्हणजे या उष्णतेनें जस्तही वितळेल. उलटपक्षीं दुसऱ्या अंगाला, जेथें सूर्याची किरणें पोंचत नाहींत तेथें, हें तपमान अदमासें–२७३° श. पर्यंतही असूं शकेल.

सूर्याकडील भागास इतकें प्रखर तपमान असण्याचें एक कारण म्हणजे बुध सूर्यापासून जवळ आहे हें होय. उष्णतेचें प्रमाण अंतराच्या व्यस्त वर्ग प्रमाणांत असतें. अंतर वाढलें तर उष्णता कमी होते. बुधाला मिळ-णारी उष्णता व पृथ्वीवर येणारी उष्णता यांचें प्रमाण काढल्यास तें ७:१ येतें. म्हणजे पृथ्वीच्या ७ पट उष्णता बुधाला मिळते असाच याचा अर्थ.

दुसरेंही एक कारण आहे. पृथ्वीभोंवतीं वातावरण असून बुधाभोंवतीं कांहींच वातावरण शिल्लक नाहीं. बुधाचें वस्तुमान थोडें, व गुरुत्वाकर्षण तोकडें, म्हणजे पृथ्वीच्या सुमारें $\frac{1}{4}$ इतकें, असल्यानें इतस्ततः धांवणाऱ्या वायुकणांना खेंचून धरण्याला तें अपुरें पडतें. यामुळें त्याच्या आवरणांतील वायु हळूं हळूं उडून गेले आहेत. तसेंच बुधाचा वर्णलेख घेतला तर तो थेट सूर्याच्या वर्णलेखासारखा येतो. बुधावर वातावरण असतें तर सूर्याचे

थोडेंतरी तेज त्यात शोषलें जाऊन वर्णलेख निराळा आला असता. कार्बन डायॉक्साइड, ऑक्सिजन, पाण्याची वाफ, यापैकीं कशाचाही तेथें मागमूस आढळत नाहीं.

बुधाचा प्रकाशप्रतिक्षेप सरासरी चंद्राएवढाच म्हणजे ०·०७ आहे. ज्या ग्रहांवर वातावरण असून ढग असतात त्यांच्यापासून अधिक प्रकाश परावर्तन पावतो. चंद्र, बुध यांच्या बाबतींत हें घडत नाहीं. शिवाय बुध सूर्यबिंबाला स्पर्श करतो तेव्हां त्याच्याभोंवतीं तेजोवलय दिसत नाहीं. वातावरण असतें तर असें वलय दिसलें असतें.

बुध व सापेक्षतावाद

बुधाच्या कक्षेचा उपसूर्य बिंदु उत्तरोत्तर पूर्वेकडे चळत असून दर १०० वर्षांनीं ही चळणूक ५७४″ भरते. इतर सर्व ग्रहांच्या आकर्षणाचा परिणाम वजा केला तरी देखील या गतींतला ४२″ चा भाग शिल्लक रहातो. त्याची उकल बरींच वर्षे शास्त्रज्ञांना नीटपणें होत नव्हती. बुध आणि सूर्य यांच्या दरम्यान लहान ग्रह असते, किंवा विखुरलेलें वस्तु असतें तर गतीचा शेष भाग समाधानकारकपणें समजावून सांगतां आला असता. पण प्रयत्न करूनही अशा ग्रहांचें किंवा वस्तुराशिचें अस्तित्व प्रत्यक्षपणें सिद्ध करतां येत नव्हतें.

अशा वेळीं **आइन्स्टाईनचा** सापेक्षता-सिद्धांत कसोटीला उतरला आणि त्यामुळेंच या शेष गतीचा उलगडा समर्पकपणें करतां येऊं लागला. आइन्स्टाईनचें म्हणणें असें कीं, न्यूटनचा गुरुत्वाकर्षणाचा नियम पूर्णांशानें बरोबर नसून त्याला थोडासा पासंग लावावयाला हवा. तसा तो लावला म्हणजे मग प्रत्येक ग्रहाची उपसूर्य रेषाही, तो ग्रह ज्या दिशेनें जात असेल त्या दिशेला, प्रत्येक परिभ्रमणाच्या अवधींत, पूर्ण परिभ्रमणाच्या कांहीं अंशानें, चळलेली असेल. बुधाच्या बाबतींत **डी सीटरनें** गणित केलें तेव्हां

ही चळणूक ४३″ ची आली. ती प्रत्यक्ष वेधानें आढळणाऱ्या ४२″ या चळणुकीशीं चांगलीच जुळते हें उघड आहे.

शुक्र

शुक्रदर्शन—

बुधाप्रमाणेंच शुक्र हाही सूर्योदयापूर्वी पूर्वेला किंवा सूर्यास्तानंतर पश्चिमेला दिसतो. वैदिक कालापासून माहित असला तरी देखील प्रत्यक्ष बुध ज्यांनीं आपल्या डोळ्यांनीं पाहिला आहे अशा व्यक्ति आपल्या देशांत तरी तुरळकच आढळतील. पण सकाळ संध्याकाळच्या आकाशांत, केव्हां ना केव्हां तरी, शुक्राची तेजस्वी चांदणी उभ्या आयुष्यांत एकदा देखील पाहूं शकलों नाहीं असें म्हणणारी व्यक्ति आंधळीच म्हटली पाहिजे.

शुक्राला स्वतःचा प्रकाश नसला तरी देखील तो इतर ग्रहांपेक्षां अधिक तेजस्वी दिसतो. यांस अनेक कारणें आहेत. इतर ग्रहांपेक्षां तो पृथ्वीच्या अधिक जवळ येतो. अंतर्युतीच्या वेळीं त्याचा कोनात्मक व्यास ६७″ चा व बहिर्युतीच्या वेळीं तो २१″ इतकाच असला तरी देखील त्याचें बिंब पृथ्वीवरून पाहणाराला इतर ग्रहांपेक्षां मोठें दिसतें. सूर्यापासून फार दूर नसल्यानें त्याजवर भरपूर सूर्यतेज पडतें व त्याच्या वातावरणामुळेंहि प्रकाशाचें परावर्तन विपुल प्रमाणांत घडतें. व्याधाची तेजस्वी तारा वगळली तर शुक्राची बरोबरी करणारी एकही झगझगीत चांदणी आकाशांत आढळत नाहीं.

सूर्याभोंवतीं शुक्राच्या अखंड प्रदक्षिणा चालू असतांना पृथ्वीवरील द्रष्ट्याला मात्र तो बुधाप्रमाणेंच सूर्याभोंवतीं आंदोलनें घेत असलेला दिसतो. सूर्यापासून तो सुमारें ४६° पेक्षां अधिक दूरपर्यंत जात नसल्यानें रात्रीं ९।–९॥ पासून पहांटे २॥–३ पर्यंतच्या अवधींत त्याचें दर्शन घडणार नाहीं हें उघड आहे. मात्र दिवसा उजेडीं देखील तो चांगल्या दृष्टीच्या माणसाला

दुर्बिणीच्या सहाय्याखेरीज केव्हां केव्हां दिसूं शकतो. विशेषतः तो जेव्हां पृथ्वीच्या निकट येतो व त्याची दृश्य चकाकी वाढते तेव्हां ऐन दिवसां २-२॥ पर्यंत देखील दुर्बिणीशिवाय त्याचा मागोवा घेतां येतो.

शुक्रकक्षा—

बुधाप्रमाणेंच शुक्रदेखील विवृत्ताकृति मार्गानेंच सूर्याभोंवतीं फेऱ्या घालतो. सूर्यापासून तो सरासरी ६·७ कोटी मैल अंतरावर असून त्याच्या कक्षेची विकेंद्रता ·००७ म्हणजे अत्यंत अल्प आहे. त्यामुळें तो वर्तुलाकृति मार्गानेंच सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालतो असें म्हणतां येईल. इतकी अल्प विकेंद्रता दुसऱ्या कोणत्याही ग्रहाची नाहीं. उपसूर्य व अपसूर्य अंतरामध्यें फक्त १० लक्ष मैलांचीच तफावत आहे. त्याचा नाक्षत्र काल अगर भगण काल २२५ दिवसांचा असून त्याच्या एका अंतर्युतीपासून दुसऱ्या अंतर्युतीपर्यंत ५८४ दिवस लोटल्याचें आढळतें. हा त्याचा सांवासिक काल होय. अंतर्युतीपासून सुमारें ७१-७२ दिवसांनीं शुक्राचा परम इनापगम होतो म्हणजे तो सूर्यापासून जास्तींत जास्त कोनात्मक अंतर गेलेला दिसतो. त्याचा सरासरी कक्षागत वेग सेकंदाला २२ मैलांचा आहे. त्याची कक्षा आयनिकवृत्ताशीं ३° २४′ नीं कललेली आहे. अंतर्युतीच्या वेळीं शुक्राचें पृथ्वीपासूनचें अंतर २·६ कोटी मैल असतें, तेंच बहिर्युतीच्या वेळीं १६ कोटी मैल होतें.

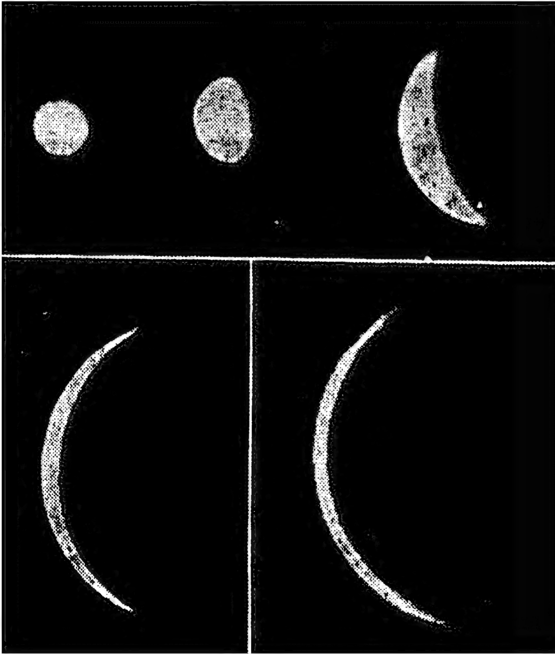
शुक्राचें सूर्यबिंबलंघन—

बुधाप्रमाणेंच शुक्रदेखील अंतर्युतीच्या वेळीं कांहीं प्रसंगीं सूर्यबिंबा-वरून गेलेला दिसतो. अशा अंतर्युतीचा उपयोग पृथ्वीचें सूर्यापासूनचें अंतर निश्चित करण्याचें कामीं केला गेला आहे; पण हा प्रयत्न तितकासा सफळ झालेला नाहीं. हें अंतर आतां इतर मार्गांनीं अगदीं अलीकडचें काढलें गेलें आहे. शुक्राचें हें अधिक्रमण म्हटलें तरी तें सुमारें ७० वर्षांपूर्वी

होऊन गेलें आहे. पुढील अधिक्रमणें इ. स. ८ जून २००४ व ६ जून २०१२ रोजीं घडणार आहेत.

शुक्राच्या कला--

साध्या डोळ्यांनीं शुक्राकडे पाहणाराला त्याच्या कला नीटशा ओळखतां येत नाहींत. पण एकाद्या लहानशा दुर्बिणींतून देखील चंद्राप्रमाणें त्यालाहि स्पष्ट कला असल्याचें दिसून येतें. शुक्र जेव्हां पृथ्वी व सूर्य यांचे दरम्यान अंतर्युतीजवळ असतो (आपल्या नेहमींच्या तिथींच्या भाषेत बोलावयाचें असल्यास - शुक्राची अमावास्या जवळ असतें,) त्यावेळीं विळ्या-कोयत्यासारखी त्याची रुंदट, खोचंदार कोर, अधिकाधिक अरुंद व लांबट होते. तो पृथ्वीला जवळ असल्यानें सापेक्षतेनें कोर मोठी व लांब दिसते. जसजसा तो प्रदक्षिणा करीत पृथ्वी पासून दूर जाऊं लागतो तसतशी त्याची कला वाढत जाते व बहिर्युतीच्या आसपास तो पूर्णबिंबप्राय दिसतो. पण हें बिंब तो दूर असल्यानें बरेंच लहान दिसतें. प्रकाशही पण कमी वाटतो, कारण यावेळीं त्याचें अंतर अंतर्योगाच्या सहापट असतें. उलटपक्षीं पंचमीच्या चंद्राएवढी जेव्हां शुक्राची कोर असते



[आकृति १०—शुक्राच्या कला.]

तेव्हां अंतर व बिंबमान याच्या समन्वयानें ती अधिक प्रकाशमान दिसतें. अशावेळीं केवळ शुक्राच्या प्रकाशांत देखील पदार्थादिकांच्या छाया पड-लेल्या दिसतात व दिवसा देखील तो दिसूं शकतो. ही प्रकाशाची महत्तम स्थिति अंतर्युतीच्या आधीं किंवा नंतर २६ दिवसांनीं येते. यावेळीं तो व्याधाच्या ६—७ पट अधिक तेजस्वी दिसतो.

इ. स. १६१० सालीं **गॅलीलियोनें** दुर्बिणींतून शुक्राच्या कला पाहिल्या त्यावेळींच त्याच्या ध्यानांत आलें कीं, शुक्र हा पृथ्वीभोंवतीं परिभ्रमण न करतां सूर्याभोंवतीं करीत असावा. **कोपर्निकसनें** रविमध्य कल्पना प्रथम मांडली होती पण त्यावेळीं ती केवळ कल्पनाच होती. तिला गॅलि-लियोच्या या वेधामुळें चांगलीच बळकटी आली. मात्र बहुजन समाजाला ही कल्पना तत्काळ रुचली नाहीं.

शुक्राचें शरीर—

शुक्राचा व्यास सुमारें ७८०० मैल म्हणजे जवळ जवळ पृथ्वी एवढाच आहे. शुक्राभोंवतीं उपग्रह नसल्यानें त्याचें वस्तुमान केप्लरच्या नियमानें तितकेंसें बरोबर निघत नाहीं. इतर ग्रहांचा जो त्याजवर आकर्षण परिणाम घडतो त्यावरून तें ठरवावें लागतें. मात्र बुधापेक्षां शुक्राचें वस्तुमान अधिक खात्रीलायक आहे असें म्हणतां येईल. तें पृथ्वीच्या ०·८२ असून सूर्या-च्या $\frac{१}{४०४०००}$ इतकें असावें. त्याची घनता व पृष्ठावरील गुरुत्वाकर्षण हीं अनुक्रमें पृथ्वीशीं तुलना करतां ०·८५ आणि ०·८४ म्हणजे जवळ जवळ पृथ्वीइतकींच आहेत.

शुक्रपारिवलन—

दुर्बिणींतून शुक्राच्या कोरीकडे पाहिलें तर या कोरीच्या आंतल्या कडेला काळसर, थोडीशी अस्पष्ट, कुरतडल्यासारखी सीमारेषा येते. पण

तेवढ्यावरून, डोंगर-पर्वतादिकांसारखें कांहीं तरी दिसत असेल असें म्हणतां येत नाहीं. पूर्णबिंबावर देखील कांहीं कायम ठशाच्या खाणाखुणा दिसत नाहींत. यामुळें शुक्राचा परिवलन काळ, म्हणजे अक्षाभोंवतीं फिरण्याचा काळ, नक्की किती असावा हें सांगतां येत नाहीं. **कॉसिनी** आणि **शूस्टर** यांच्या मतें तो २३ तास व १५।२० मिनिटांच्या आसपास असावा उलट **शियापरेलीच्या** मतें तो २२५ दिवस असावा.

साध्या डोळ्यांनीं ज्यांचें नीट आकलन होत नाहीं अशा कांहीं घटनांचा उलगडा केव्हां केव्हां निकाशकलेच्या (फोटोग्राफीच्या) द्वारां आणि विशेषतः उपारुण (Infra red) किंवा अतींद्र (Ultra violet) किरणांच्या साहाय्यानें घेतलेल्या चित्रांच्या द्वारा होऊं शकतो. शुक्राचें निकाश (फोटोज्) अशा प्रकाशांतून घेतल्यास, शुक्रावर ढगासारखें कांहीं तरी असावें असें दिसतें. हे मेघसदृश आविष्कार अतीन्द्र चित्रांतून विशेष स्पष्टपणें दिसतात, निळया आणि तांबड्या प्रकाशांत सौम्यतर झालेले दिसतात आणि उपारुण प्रकाशांत दिसतच नाहींत. शुक्राच्या कलांच्या दोन्ही अग्रांकडे पांढरे ढग आढळतात. तेथें बहुधा शुक्राचा दक्षिणोत्तर अक्ष असावा; आणि मध्याकडील भागाला काळे पट्टे आढळतात, त्याच्या जवळपास विषुवपातळी असावी असें दिसतें. या पट्ट्यांच्या दाट विरळ पणांत झपाट्यानें फेरफार होतात. ते बहुधा शुक्रावरील वातावरणांतील वादळादिकांच्या घडामोडींमुळें होत असावेत अशी कल्पना आहे. या पट्ट्यांच्या आणि तत्सदृश इतर खुणांच्या साहाय्यानें असें म्हणतां येतें कीं बहुधा शुक्राचा अक्षपरिवलन काल सुमारें ३० दिवसांचा असावा.

तसें पाहिलें तर वर्णदर्शाच्या साहाय्यानें तरी निदान शुक्राचा परिवलन काल निश्चितपणें सांगतां यावा. कारण कोणत्याही फिरत्या गोलाच्या पूर्वांगाचा आणि पश्चिमांगाचा वर्णपट घेतल्यास त्यांतल्या एकाशीं

दुसऱ्याची तुलना करून त्या दोहोंत जें एकाच वस्तुच्या निदर्शक रेषाचें किंचिन्मात्र देखील चलन घडल्याचें आढळतें (यालाच '**डॉपलरचा** परिणाम ' म्हणतात) त्यावरून त्या गोलाचा परिवलन वेग काढतां येतो. पण ही पद्धति शुक्राच्या बाबतींत नीटशी फलद्रूप होत नाहीं. कारण शुक्र जेव्हां पृथ्वीच्या निकट येतो तेव्हां त्याची एक अगदी लहानशी कोरच तेवढी काय ती दिसते. ती वेधांच्या दृष्टीनें फारच अरुंद आणि गैरसोयीची असते. उलट, शुक्रबिंब जेव्हां पूर्णप्राय दिसतें, तेव्हां तें अगदीं लहान असल्यामुळें वेधांतले दोष वाढतात. तथापी फ्लॅगस्टाफ आणि मौंट विल्सन वेध शाळेंतील अलीकडील वेधांवरून असें दिसतें कीं हा परिवलन काळ निश्चितपणें २–३ आठवड्यांहून कमी नसावा. तात्पर्य, **कॅसिनीनें** सुचविल्याप्रमाणें तो एका दिवसाइतका लहान नसावा आणि **शियापरेलीला** वाटला तितका तो २२५ दिवसांइतका मोठाही नसावा, इतकेंच काय तें शुक्राच्या परिवलनाविषयीं आज म्हणतां येतें.

शुक्राचें वातावरण—

शुक्रबिंबापासून सुमारें ५९ °/. प्रकाशाचें परावर्तन होतें. जवळ जवळ इतकेंच परावर्तन बर्फाच्या पृष्ठभागावरून होतें. डोंगरावरून किंवा जमिनीवरून जें प्रकाशाचें परावर्तन घडतें तें याहून फारच थोडें असतें. बुध आणि चंद्रावरून तर अवघा ७ °/. प्रकाश परावर्तन पावतो. यावरून शुक्राभोंवतीं वातावरणाचा एक चांगला जाडसा थर लपेटलेला असून तें नेहमीं ढगाळलेलें किंवा धुकट असावें असें दिसतें.

शुक्राची अगदीं बारीकशी, म्हणजे प्रतिपदे–द्वितीयेची, कोर पाहिली तर केव्हां केव्हां गणितानें ठरणाऱ्या कलाग्रापेक्षां या कोरीचीं अग्रें लांबवर गेलेलीं आढळतात, तर कधीं कधीं शुक्राभोंवतीं एक अत्यंत विरल, अरुंद, अस्पष्ट

तेजोवलयहि आढळतें, तें शुक्राच्या वातावरणांतून घडलेल्या सूर्य-किरणांच्या परिवर्तनामुळें बनलेलें असतें. अधिक्रमणाच्या वेळीं सूर्यबिंबाशीं शुक्राचा प्रथम स्पर्श होतो व त्यावेळीं शुक्राभोंवतीं लहानसें प्रकाशाचें वलय आढळतें; तेंहीं त्याच्या वातावरणांतून घडलेल्या प्रकाशपरिवर्तनामुळेंच बनलेलें असतें असें मानतात. अशा प्रसंगीं घेतलेल्या वेधांवरून शुक्राचें वातावरण निदान ५० मैल जाडीचें असावें असें म्हणतां येतें.

पण हा एवढ्या जाडीचा थर कोणकोणत्या वायूंचा बनलेला असेल या विषयीं फारशी निर्णायक माहिती अद्याप उपलब्ध नाहीं. शुक्राचा पृथ्वी-सापेक्ष वेग जेव्हां महत्तम असतो अशावेळीं शुक्राचे कांहीं वर्णपट घेतले गेले आहेत. शुक्राच्या वातावरणांत जर पाण्याची वाफ किंवा ऑक्सिजन वायु असता तर शुक्रावरून परावर्तित होऊन पृथ्वीवर पोंचलेल्या प्रकाशाच्या वर्णपटांत दुबार शोषणरेषा आल्या असत्या. त्यांवरून या वायूंचें शुक्रावरील अस्तित्व प्रचीतीला आलें असतें. तशा त्या आढळत नाहींत. त्यावरून निदान शुक्राच्या बाह्य वातावरणांत तरी हे वायु नसावेत. शुक्राच्या पृष्ठ-भागानजीकच्या वातावरणांत ऑक्सिजन असेल तर तो पृथ्वीच्या $\frac{१}{१०००}$ इतकाच असावा असें **सेंटजॉनचें** म्हणणें आहे. मात्र शुक्रावर कार्बन डायॉ-क्साईड भरपूर प्रमाणांत असावा असें निश्चितपणें आढळलें आहे. ताम्र प्रकाशांतून शुक्राचे फोटो घेतले तरी त्याच्या पृष्ठभागावर ओबडधोबड-पणाच्या खुणा आढळत नाहींत. त्यावरून हा प्रकाश शुक्राच्या वातावरणांत अधिक खोलवरपर्यंत जाऊं शकत नसावा, व भरपूर दाट वायूंचे ढग शुक्रावर असावेत असें अनुमान निघतें. साहजिकच शुक्राच्या पृष्ठभागा-विषयीं प्रत्यक्षदृष्ट अशी माहिती मिळत नाहीं. चंद्राचा अंधारा भाग जसा पृथ्वीवरून परावर्तन पावलेल्या प्रकाशामुळें कांहींसा दिसतो तद्वतच शुक्राचा अंधारा भागही केव्हां केव्हां दिसतो. शुक्राभोंवतीं उपग्रह नसल्या-

मुळें त्याची ही जी अंधाऱ्या अंगाची मंदप्रभा ती बहुधा 'ऑरोरा' 'उत्तर प्रकाश' सारख्या वैजिक आविष्कारामुळें दृष्टोत्पत्तीला येत असावी असें एक मत आहे.

शुक्राची जी बाजू सूर्याभिमुख असते तिचें तपमान ५५° श. असून अंधाऱ्या बाजूचें सुमारें २०° श. आहे. तपमानाचा हा फरक फारसा तीव्र नसून त्यावरूनही शुक्र हा आपल्या अक्षाभोंवतीं परिवलन घेत असावा, आणि हा परिवलनाचा अवधी फारसा दीर्घ नसावा असें वाटतें. शुक्रावरील वातावरणांत उद्भिजांचा आणि प्राण्यांचा संभव होणें अशक्य नाहीं. मात्र पाण्याच्या वाफेची आणि ऑक्सिजनची कमतरता, कार्बन डायॉक्साईडचें वैपुल्य आणि वातावरणाचा धुकटपणा यावरून तेथील हवा बरीच कोरडी असावी, आणि कोरडीं धूर धुरोळ्याचीं वावटळें बरींच उठत असावींत, असें अनुमान आहे.

पृथ्वी—एक आकाशस्थ ग्रह : ४

(बाह्यदृश्य :—इतरांना दिसूं शकणारें)

सर्वसाधारण माणसाला आपली पृथ्वी फार मोठी आणि महत्त्वाची वाटते, पण वास्तविक ती सूर्यकुटुंबातील इतर लहान ग्रहांतच मोडते. तिच्यावरच आपली वस्ती असल्यामुळें आणि जवळून तिजकडे बारकाव्यानें पहाता येत असल्यामुळें तिचीच आपल्याला विशेष ओळख होऊं शकते. आकाशातील लहान मोठ्या सर्व आविष्कारांचें आपलें ज्ञान केवळ पृथ्वीवरून मिळविलेलें असतें, एवढेंच नव्हे तर तें मिळवितांना तुलनेसाठीं म्हणून जीं अनेक प्रकारचीं मानें आपण निवडतों, तीं पृथ्वीवरीलच असतात; तत्सापेक्षच आपलें सर्व ज्योतिर्विषयक ज्ञान असतें. अर्थातच पृथ्वीची माहिती आपल्याला जितकी व्यवस्थितपणें झालेली असेल, तितका आपल्या ज्योतिर्विषयक ज्ञानांत बारकावा उतरेल हें उघड आहे.

पृथ्वीवरून जसे आपण मंगळ—गुरु—शुक्रादि ग्रह पाहूं शकतों, तसाच मंगळावरही एखादा द्रष्टा असेल आणि तो आकाशाकडे पाहील तर त्याला आपली पृथ्वी, आपल्याला शुक्र दिसतो इतपत, तेजस्वी दिसेल. बुध आणि शुक्र जसे आपल्याला कांहीं काळ सूर्योदयापूर्वी पूर्वेकडे उगवलेले आणि कधीं कधीं पश्चिमेकडे, सूर्यास्तानंतर मावळत असणारे दिसतात, तशीच त्याला पृथ्वीही दिसेल. दुर्बिणींतून त्याला पृथ्वीच्या सर्व कला पाहातां येतील. पृथ्वीचें वातावरण त्याला उमगेल इतकेंच नव्हे, तर त्या वातावरणात 'मेघा' सारखे कांहीं अस्थिर स्वरूपाचे, वरचेवर बदलणारे आविष्कार आढळतील आणि त्याच्या खालीं भूपृष्ठावर कांहीं स्थिर-स्वरूपाच्या खाणाखुणाही दिसतील. त्यावरून त्याला पृथ्वीचा एखादा बऱ्यापैकीं नकाशा तयार करता येईल. पृथ्वीबिंबाच्या एका अंशाच्या

दोन्ही अग्रांकडे बर्फाच्छादित भाग आढळतील. त्यांत ‘ ऋतु ’मानाप्रमाणें फेरफार होत असून एका म्हणजे उत्तरेकडील, आच्छादनाचा विस्तार ‘ हिंवाळ्यांत ’ ध्रुवापासून पुष्कळच अंतरापर्यंत—सुमारें ५० अक्षांशापर्यंत होत असल्याचें आणि ‘ उन्हाळ्यां ’त तें फारच संकुचित होत असल्याचें दिसेल. दक्षिणेकडे इतका फेरफार आढळणार नाहीं. ऋतुमानाप्रमाणें भूपृष्ठावर होणारे कांहीं रंगांचे फेरफार—उदाहरणार्थ हिरव्याचा पिवळा, पिवळ्याचा काळा-पांढरा इत्यादि त्याच्या ध्यानांत येतील. एक विशेष गोष्ट त्याच्या नजरेंत खास भरेल, ती अशी कीं, पृथ्वीच्या कांहीं पृष्ठभागांपासून सूर्यप्रकाशाचें परावर्तन मोठ्या प्रमाणांत घडत असून त्या मानानें उरलेला भाग थोडा काळसर वाटेल, त्यावरून भूपृष्ठावरील जमिनीची आणि पाण्याची कल्पना त्याला येऊं शकेल. पृष्ठभागावर ज्या स्थिरस्वरूपाच्या म्हणून खाणाखुणा आढळतील त्यांच्यामध्यें घडणाऱ्या नियतकालिक स्थानांतरावरून पृथ्वी ही आपल्या अक्षाभोंवतीं ‘२४ तासांत’ प्रदक्षिणा घालीत' असल्याचें, आणि वर उल्लेखिलेल्या बर्फाच्छादित भागांना जोडणाऱ्या एका रेषेंतच तिचा अक्ष असल्याचें समजून येईल, व हा अक्ष नेहमीं एकाच दिशेला कललेला दिसेल. ‘ विषुव ’पातळीकडील पृथ्वीचा भाग, दक्षिणोत्तर अंगाच्यामानानें थोडा फुगीर वाटेल. ताऱ्यांच्या अनुषंगानें पाहिल्यास पृथ्वी ही एका विवक्षित मार्गानें सूर्याभोंवतीं सुमारें ‘ ३६५ दिवसांत ’ प्रदक्षिणा घालीत आहे, आणि या तिच्या भ्रमण पातळीशीं तिचें विषुववृत्त सुमारें २३$\frac{1}{2}$° नीं कललेलें आहे हेंही तो निश्चित करूं शकेल. याच धनटेशीं पृथ्वीवरील ऋतुमानाचा संबंध असल्याचेंहि बहुधा त्याच्या ध्यानांत येईल.

आपल्याला झालेलें ज्ञान—गोलत्व

हें झालें आपण दुसऱ्याला कसे दिसत असूं याविषयींचें बोलणें. पण आपली आपल्याला पृथ्वी कशी दिसते, तिचें हें जें स्वरूप आपल्याला

उमगलें, त्याचें ज्ञान कसकसें होत गेलें, तें मिळवण्यासाठीं माणसाला किती प्रदीर्घ तपश्चर्या करावी लागली, हाही विषय असाच मनोरंजक आहे. 'पृथ्वी' ही आपल्या नांवाप्रमाणेंच मोठी व विस्तीर्ण आहे, तशीच ती सपाटही आहे अशी एक कल्पना फार प्राचीन काळीं होती. पण प्रवासाची साधनें उपलब्ध होत गेली तेव्हां आढळून आलें कीं पूर्वेकडे किंवा पश्चिमेकडे, एकाच दिशेला, सतत प्रवास केल्यास पुन्हां पूर्वस्थळीं येऊन पोहोंचतां येतें; दक्षिणोत्तर प्रवास केल्यास उत्तरोत्तर आकाशात ध्रुवतारा वरवर खस्वस्तिकाकडे, किंवा आपल्या माथ्याकडे चढत असलेला, तसेंच माघारीं आल्यास खालीं खालीं ढळत असलेला दिसतो; शिवाय चंद्रग्रहणाच्या वेळीं चंद्रबिंबावर पडणारी पृथ्वीच्या छायेची कडा वृत्ताकृति असते; यावरून पृथ्वी गोल असावी हें हळूंहळूं मान्य झालें. पृथ्वीच्या गोलत्वाविषयींचें हें ज्ञान जसें प्राचीन ग्रीकांना झालेलें होतें तसेंच तें आपल्या इकडील वराहमिहिरादिकांनाही झालेलें होतें.

केवळ पृथ्वीच्या गोलत्वाचीच कल्पना आपल्या इकडील ज्योतिर्वेत्त्यांना होती असें नव्हे, तर तिचें आकारमानही मोजण्याचा त्यांनीं प्रयत्न केला असावासें वाटतें. कारण सूर्य सिद्धांताप्रमाणें पृथ्वीचा व्यास १६०० योजनें, आर्यभट्टाच्या मतें १०५० योजनें, तर भास्कराचार्यांच्या मतें तो १५८१ योजनें होता. एक योजन म्हणजे नक्की किती मैल याची निश्चिति उपलब्ध नाहीं. तसेंच हें मापन कसें केलें हेंहि समजत नाहीं. तथापि, निरनिराळ्या काळीं निरनिराळे आंकडे घेतले गेले त्याअर्थी संस्करणाचे निरनिराळे प्रयत्न झाले हें उघड आहे.

पाश्चात्यांपैकीं, प्राचीन ग्रीकांना पृथ्वीच्या आकारासंबंधीं चांगली माहिती होती. खिस्तपूर्व तिसऱ्या शतकांत इरॅटोस्थेनीस होऊन गेला. त्याच्या काळीं, उत्तर ईजिप्तमध्यें सायेन या गांवीं एक खोल विहीर

होती. वर्षातून एक दिवस, सूर्याच्या परमक्रांतीच्या दिवशीं, ऐन मध्यान्हीं त्या विहिरीच्या तळाशीं बिलकूल सांवली नसे. म्हणजे त्या ठिकाणीं सूर्य थेट माथ्यावर आलेला असे. त्याच दिवशीं, त्याच क्षणीं, अलेक्झांड्रिया येथें सूर्य 'ख' मध्याच्या उत्तरेला ७° १२′ वर असे. या दोन गांवामधील दक्षिणोत्तर अंतर ५००० स्टेडिया असें मानून इरॅटोस्थेनिसनें साध्या त्रैराशिकानें पृथ्वीचा परिधि काढला, तो २,५०,००० स्टेडिया आला. अथेन्समधील शर्यतीच्या स्टेडियमची (प्रेक्षागृहाची) लांबी ६०७ फूट होती हें ध्यानांत घेतलें म्हणजे आजच्या भाषेंत पृथ्वीचा परिधि २९,००० मैल येतो. पॉसिडोनियसचा अंदाज असा होता कीं, पृथ्वीचा परिधि १,८०,००० स्टेडिया असावा. टॉलमीच्या काळापर्यंत आणि त्यानंतरही कित्येक शतकेंपर्यंत हाच चुकीचा परिधि मानला जाई. पुढें कोलंबसानें यांतील चूक ध्यानांत आणून दिली.

ग्रीकांनंतर बराच कालावधि लोटल्यावर, अरबांनीं या प्रश्नाकडे लक्ष दिलें. इ. स. ८०० च्या सुमारास एका खलीफानें मेसापोटेमियांतील दक्षिणोत्तर दिशांना २° च्या अंतरावरून अक्षांशांचे वेध घेण्याचा आणि त्यावरून पृथ्वीचा परिधि काढण्याचा प्रयत्न केला पण तो निष्फळ झाला.

इ. स. १५०० च्या सुमारास फर्नेल नांवाच्या एका फ्रेंच गृहस्थानें पॅरिसमधील एका दक्षिणोत्तर रस्त्यावरून धांवणाऱ्या गाडीच्या चाकांचे फेरे मोजून दूर अंतरावरच्या दोन बिंदूंतलें अंतर मोजून काढलें, आणि या दोन बिंदूंना भूकेंद्राशीं जोडणाऱ्या रेषांमधील कोन मोजून पृथ्वीचा दक्षिणोत्तर परिधि काढण्याचा प्रयत्न केला. तो बऱ्याच अंशीं यशस्वी झाला.

लंबगोलकत्व—

सोळाव्या शतकाच्या अखेरीस रिचर्ड नांवाच्या एका फ्रेंच ज्योतिर्वेत्त्यानें पॅरिसमधून आपलें एक बिनचूक वेळ दाखविणारें घड्याळ

दक्षिणेस, गियानामधील एका गांवीं नेलें. तेव्हां तें घड्याळ दररोज २॥ मिनिटें मागें पडूं लागलें. विषुववृत्ताकडील देशात जाणाऱ्या इतर ज्योतिर्वेत्त्यांचे अनुभव पडताळून पाहून त्यानें असें प्रतिपादन केलें कीं हीं घड्याळें मागें रहातात यांत त्यांचा कोणताहि यांत्रिक दोष कारणीभूत नसून इतर कांहीं तरी कारण असलें पाहिजे. कालांतरानें न्यूटननें असें सुचविलें कीं, विषुववृत्ताजवळ पृथ्वीचें आकर्षण कमी असेल तरच असें घडूं शकेल. याचा अर्थ असा कीं, पृथ्वीच्या विषुव पातळींतील व्यास हा तिच्या अक्षव्यासापेक्षां मोठा असला पाहिजे; म्हणजेच ती दक्षिणोत्तर थोडीशी चपटी असली पाहिजे.

या उलट, इ. स. १७०० च्या सुमारास कॅसिनी पितापुत्रांनीं पॅरिसमधून जाणाऱ्या रेखावृत्तावर वेध घेऊन पृथ्वीचा अक्षव्यास हाच तिच्या विषुवव्यासापेक्षां मोठा आहे असें विधान करून मोठीच खळबळ उडविली; पण नंतर हे वेध चुकीचे ठरले.

पृथ्वी ही खरोखरीच संपूर्णपणें गोलाकृति आहे कीं तिला दुसरा एखादा गोलसदृश आकार आहे या प्रश्नाचें उत्तर द्यावयाचें झाल्यास निरनिराळ्या ठिकाणाहून तिचा परिधि मोजून काढावा लागेल हें उघड आहे. हा परिधि निश्चित करावयाचा याचाच अर्थ असा कीं भूपृष्ठावरील निरनिराळ्या ठिकाणांहून अंशात्मक अंतरें घेतल्यास एकेका अंशात प्रत्यक्ष मोजणीनें किती मैल भरतात हें पहावयाचें आणि त्यावरून सबंध वृत्ताचें (म्हणजे ३६०° चें) मैलांतील मापन ठरवावयाचें. हा परिधि नीट यावयाचा तर दोन गोष्टींचा बारकावा हवा. पहिला बारकावा असा कीं सोयीसाठीं दक्षिणोत्तर रेषेवरील दोन गांवें निवडली तर त्यांचें अक्षांश सूक्ष्मपणें माहीत हवेत. ही गोष्ट, त्या दोन्ही ठिकाणांहून ताऱ्यांचे सूक्ष्म वेध घेऊन साधतां येते. दुसरा बारकावा हवा तो म्हणजे, या दोन ठिकाणांतलें अंतर सूक्ष्मपणें मोजतां आलें पाहिजे. पृथ्वीचा पृष्ठभाग खड-

बडीत आहे, तसाच तो जलास्थलांनीं विभागलेला असल्यामुळें हीं अंतरें मोजणें हें एक मोठें जिकिरीचें काम आहे. हीं अंतरें मोजण्याची, हल्लीं उपयोगांत असलेली, त्रिकोणमितीची पद्धत स्नेल यानें इ. स. च्या सोळाव्या शतकाच्या अखेरीस प्रथम उपयोजिली. थोडक्यांत सांगावयाचें तर ही पद्धत अशीं कीं, एक सोइस्कर अशी भूपृष्ठावरील रेषा प्रथम घेऊन ती बारकाव्यानें मोजावयाची. तिच्या दोन्ही टोंकांशीं एखाद्या दूरच्या वस्तूच्या दिशांनीं केलेले कोन मोजावयाचे. मग ती वस्तु आणि या रेषेचें एखादें टोंक यांना जोडणारी रेषा पायाभूत घेऊन, पूर्वीचाच उपक्रम वरचेवर स्वीकारून सबंध पृथ्वी, किंवा इष्ट तें क्षेत्र, मोजून काढावयाचें. पृथ्वीवरील सर्व सुधारलेल्या देशांतून हल्लीं अक्षांश-रेखांशाचीं, आणि अंतरांची, मोजणी-मापणी उत्तरोत्तर सुधारलेल्या साधनांनीं करीत राहाणारीं सरकारी खातीं असून त्यांतलें आपलें भारतीय मोजणीखातें चांगलें कार्यक्षम असल्याचा लौकिक आहे.

या सर्व मोजणींचा सारांश असा कीं पृथ्वीची ध्रुवत्रिज्या ३९५० मैल आणि विषुवत्रिज्या ३९६३·३ मैल लांब असून तिची विवृत्तता $\frac{१}{२९७}$, आणि तिचा परिधि २४,९०२ मैल आहे.

भूपृष्ठाचा खडबडीतपणा—

वरील मोजणी करतांना डोंगरादिकांनीं आणि दऱ्याखोऱ्यांनीं निर्माण झालेला भूपृष्ठावरील खडबडीतपणा विचारांत घेतलेला नाहीं. सर्वांत उंचीचें हिमशिखर घेतलें तरी त्याची उंची, पृथ्वीच्या त्रिज्येशीं तुलना केल्यास $\frac{१}{७२०}$ भरते. वर उल्लेखिलेला भूपृष्ठाचा चपटेपणादेखील स्थूलमानानें $\frac{१}{३००}$ मानला. आणि २ फूट त्रिज्येचा एखादा 'भूगोल' तयार करावयाचें ठरविलें तर हा अक्षरेषेंतलि चपटेपणा अवघा $\frac{१}{१२}$ इंचाएवढा आणि हिमशिखराची उंची केवळ $\frac{१}{३०}$ इंचा एवढीच भरेल. म्हणजे,

नित्याच्या स्थूल मोजगीमापणींत पृथ्वी हा एक गोलच आहे असें म्हणतां येईल.

परिवलन—

पृथ्वीवरून आकाशाकडे पाहाणाराला सबंध आकाशकटाहच तिजभोंवतीं सुमारें २४ तासांत, पूर्वेकडून पश्चिमेकडे, फेरी घालीत असलेला दिसतो. आणि दीर्घकालपर्यंत पाहात राहिल्यास, ताऱ्यांच्या पार्श्वपटावरून, चंद्र, सूर्य आणि मंगळ, गुरु इत्यादि ग्रह हळूंहळू पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जात जात, पुन्हां कालांतरानें पूर्वस्थळीं येऊन आपापली पृथ्वीप्रदक्षिणा पुरी करीत असल्याचें दिसतें. हें जें दिसतें, तसेंच खरोखरी घडतें, असा समज पूर्वी दीर्घकालपर्यंत प्रचलित होता. त्याच्या उलट, पृथ्वी स्वतःच्या अक्षाभोंवतीं एका अहोरात्रांत एक फेरी घेते असेंही एक मत मांडलें जाई, पण तें केवळ मतच होतें. आपल्या इकडील आर्यभट्ट हा या मताचा होता. पण पृथ्वी जर खरोखरीच अशा रीतीनें फिरत असेल तर दिवसां घरटीं सोडून दूर गेलेले पक्षी पुन्हां निर्वेधपणें सायंकाळीं परत कसे येतील, ते तसे येतात त्या अर्थी पृथ्वी फिरत नसली पाहिजे, असा सर्व साधारण तर्क त्या काळीं लढविला जाई. १७ व्या शतकांत गॅलिलिओनें शुक्राच्या कला पाहिल्या आणि केप्लर—न्यूटन इत्यादिकांनीं आपले गतिनियम प्रस्थापित केले, तेव्हां, पृथ्वीभोंवतीं सूर्य प्रदक्षिणा घालीत असल्यामुळें अहोरात्र घडते ही कल्पना मागें पडून, पृथ्वी स्वतःच्या अक्षाभोंवतीं अहोरात्रांत एक फेरी घेते आणि वर्षभरांत सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालते असें प्रस्थापित झालें. प्रयोगानें आतां असें सिद्ध करतां येतें कीं खूप उंचावरून खालीं टाकलेला पदार्थ थेट लंबरेषेंत खालीं जमिनीवर न पडतां तो थोडा पूर्वेला पडतो. तसेंच एखाद्या लंबकाचीं आंदोलनें दीर्घकालपर्यंत चालूं ठेवलीं तर आंदोलनांची दिशा हळूंहळूं बदलते. यावरून पृथ्वी

हीच स्वतःभोंवतीं फिरत असावी असें अनुमान निघतें. ह्या फिरत्या पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील, दोन परस्परविरोधी दिशांचे, दोन बिंदु असे आहेत कीं ज्यांना जोडणारी रेषा, दुतर्फा, दूरवरपर्यंत लांबवली तर ही रेषा स्थिर राहून तिजभोंवतीच वर उल्लेखिलेला आकाशकटाह फेऱ्या घालीत असल्याचें प्रचीतीला येतें. हाच तिचा अक्ष. पृथ्वीला स्वतःच्या अक्षाभोंवतीं फिरण्याला, म्हणजे एक परिवलन घेण्याला, २३ तास ५६ मि. ४ सें. लागतात.

या अवधींत ती नेहमींच बिनचूकपणें एक परिवलन पुरें करीत राहिली असती तर पृथ्वीवरील कालमापनाचा, म्हणजेच घड्याळांचा प्रश्न सोपा झाला असता. पण पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर भरती ओहोटी घडते त्यामुळें तिच्या गतीला अवरोध निर्माण होतो. नद्या, वारे इत्यादिकांमुळें एकीकडचा द्रव्यभार दुसरीकडे जातो. यामुळें तिच्या संथ परिवलन वेगांत किंचिन्मात्र तरी विक्षेप निर्माण होतोसें दिसतें. गेल्या २००० वर्षांतलि चंद्रसूर्य ग्रहणांच्या वेधांवरून आणि सुमारें २५० वर्षांतील चंद्र—तारा पिधानें आणि बुधाचें सूर्यबिंबावरून अधिक्रमण इत्यादिकांच्या सूक्ष्म वेधांवरून असें दिसतें कीं सुमारें १ लक्ष वर्षांच्या अवधींत आपलें दिवसमान सुमारें १ सेकंदभरानें वाढत असावें, म्हणजे सूक्ष्मप्रमाणांत का होईना दिवस मोठा होत असावा, आणि कधीं कधीं तर पृथ्वीच्या परिवलन वेगांत प्रासंगिक चढउतारही होत असावेत. इ. स. १७८५ पासून ती नित्यापेक्षां किंचिन्मात्र हळूंहळूं फिरत होती, आणि १८९९ पासून ती पुन्हां पूर्वपदावर आलेली आढळली.

पृथ्वीचें परिभ्रमण; त्यांतून निर्माण होणाऱ्या घटना—

आकाशांत दररोज सूर्य कोणत्या ताऱ्याजवळ उगवलेला दिसतो हें पाहात राहिलें तर असें दिसतें कीं तो दररोज सुमारें एकेका अंशानें पूर्वेकडे चळत

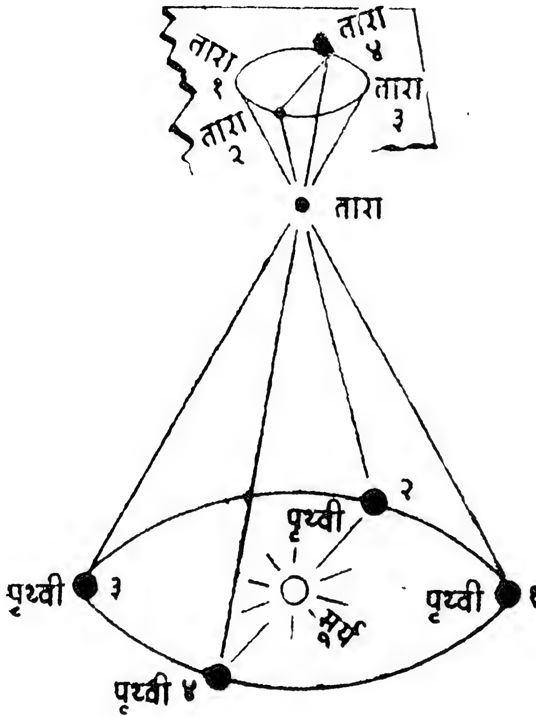
असून सुमारें ३६५ दिवसांनीं तो पूर्वस्थळीं येतो; तसेंच पूर्वक्षितिजाच्या काणत्या बिंदूजवळ तो उगवतो हें पाहात राहिल्यास ध्यानात येतें कीं क्षितिजावरील त्याच त्या बिंदूजवळ तो लागोपाठ उगवत नसून तो थोडा थोडा उत्तरेकडे किंवा दक्षिणेकेड चळत असलेला दिसतो. क्षितिजावरील पूर्वबिंदूपासून तो वर्षभरात जास्तींत जास्त सुमारें २३½° उत्तरेला आणि तितकेच अंश दक्षिणेला चळत गेलेला दिसतो. म्हणजे त्याच्या दैनंदिन दृश्य गतीचें जें आयनिकवृत्त तें विषुववृत्ताशीं सुमारें २३½° नीं कललेलें असल्याचें प्रत्ययास येतें. खिस्तपूर्व ११०० च्या सुमारास चिनी लोकानीं वेधद्वारा हा कक्षाकल निश्चित केला होता तो २३° ५४′ ३·१५″ इतका आला होता. भारतीय ज्योतिष्यकांत ते २४° मानिला आहे.

पृथ्वीभोंवतीं सूर्य प्रदक्षिणा घालतोसा दिसतो; तसा तो मानला काय, किंवा सूर्याभोंवतीं पृथ्वी फेऱ्या घालते असें मानलें काय, गणिताच्या दृष्टीनें दोन्हीं सारखींच. पण बुध शुक्रांना चंद्रासारख्या कला आढळूं लागल्या आणि सूर्यापासून ते फारसे दूर जात असलेले दिसत नाहींत हें ध्यानांत घेतलें म्हणजे ते सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालीत असण्याची शंका संभवनीय ठरतें. केप्लरनें पृथ्वीकेंन्द्र कल्पनेऐवजी सूर्यकेंद्र कल्पना मांडली. तिच्याशीं प्रत्यक्ष वेध जुळत होते किंबहुना वेधांतूनच ती कल्पना सुचलेली होती. तरीसुद्धां कदाचित् हटवादीपणानें असें म्हणता येण्याजोगें होतें कीं बाकीचे सर्व ग्रह सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालतात असें मानूनही त्या सर्व ग्रहांना बरोबर वागवून सूर्यच आमच्या पृथ्वीभोंवती प्रदक्षिणा घालतो असें का म्हणूं नये? या प्रश्नाचा निर्णय हल्लीं तीन मुद्यांनीं देतां येतो; ते असे—

(अ) पराशार (लंबन) पर्यय—

समजा, पृथ्वी हीच सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालीत आहे असें मानलें तर काय घडावें अशी अपेक्षा आहे? या प्रश्नाचें एक उत्तर असें आहे कीं दूर

अंतरावरचा, पण सापेक्षतेनें पृथ्वीला थोडा जवळ असणारा एखादा तारा घेतल्यास त्या ताऱ्यानेंहि इतर दूरच्या ताऱ्यांच्या पार्श्वपटावर पृथ्वी सारखीच, प्रदक्षिणा घातल्याचें निदर्शनाला यावें.



[आकृति नं. ११ पराशर(लंबन)कल्पना]

आकृति १२ मध्यें सूर्यप्रदाक्षिणेच्या मार्गावरील चार निरानिराळ्या ठिकाणीं पृथ्वी १, २, ३, ४, या अनुक्रमांनीं दाखविली आहे. या एकेका ठिकाणी पृथ्वी असतांना आकाशांतील दूरच्या ताऱ्यांच्या अनुरोधानें पाहिल्यास जवळचा तारा—ज्याला कोणताही क्रमांक दिलेला नाहीं, तो—अनुक्रमें १, २, ३, ४ या ठिकाणी दिसेल म्हणजे त्याचाहि एक फेरा पुरा झाल्याचें आढळेल.

पृथ्वीनें जर प्रदक्षिणा घातली नसती, आणि सूर्यानें पृथ्वीभोंवतीं घातली असती तर सूर्यावरील द्रष्टयाला असाच प्रकार आढळला असता, 'स्थिर' पृथ्वीवरील द्रष्टयाला आढळला नसता. द्रष्टयाच्या स्थानांतरामुळें तारकादिकांच्या दृश्य स्थळांत जें स्थानांतर घडल्याचें आढळतें त्याला पराशर, किंवा लंबन म्हणतात. अनेक तारकांचे पराशर आतां मोजतां आलेले

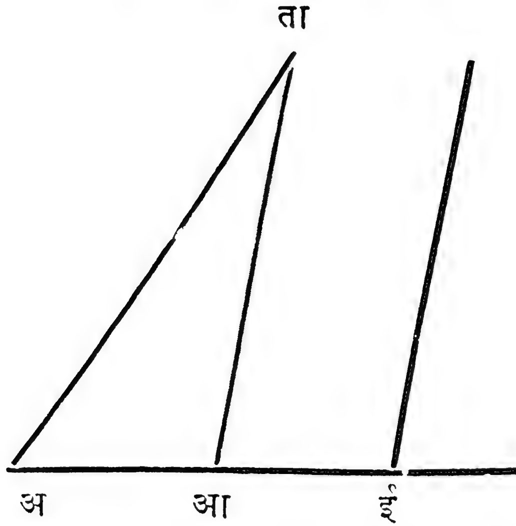
आहेत. त्यांत वार्षिक पर्यय आढळतो तो पृथ्वीच्या गतीमुळेंच असला पाहिजे हें उघड आहे.

(आ) डॉप्लरचा धावत्परिणाम—

एकादा तेजस्वी पदार्थ जेव्हां द्रष्ट्याच्या दिशेनें धांवत येतो तेव्हां त्या पदार्थापासून मिळणाऱ्या वर्णपटांतील रेषा उपेन्द्र बाजूला चळल्याचें आणि तो दूर जात असेल तेव्हां उपारुण बाजूला चळल्याचें आढळतें. यालाच डॉप्लरचा परिणाम म्हणतात. पृथ्वी जर एखाद्या दिशेनें धांवत असेल तर सापेक्षतेनें तिच्या समोरच्या दिशेचे तारे तिजकडे धांवल्यासारखें, आणि पाठीमागील तारे दूरदूर गेल्यासारखेंच घडेल. म्हणजे मग, समोरच्या ताऱ्यांच्या वर्णपटांत उपेंद्र चळणूक आणि मागील ताऱ्यांच्या पटांत उपारुण चळणूक घडेल. ती जर सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालीत असेल तर ही चळणूक दुतर्फा घडेल, म्हणजे सुमारें ६ महिनेपर्यंत उपेंद्राकडे आणि उरलेले सहा महिनेपर्यंत उपारुणाकडे घडेल; पृथ्वी जर स्थिर असेल, सूर्यच पृथ्वीभोंवतीं फिरत असेल तर ताऱ्यांच्या वर्णपटांत हा चलनपर्यय घडण्याचें कारण नाहीं. पण तो तसा घडतो ही वस्तुस्थिति आहे.

(इ) प्रकाशाचें परांचन—

पावसाळी दिवसांत जेव्हां सरळ, लंब रेषेंत पाऊस पडत असेल अशा वेळीं सायकलीवरून धांवणाराला तो आपल्या समोरील अंगानें आल्याचा भास होतो, आणि ही बाजू अधिक भिजते, हा नित्याचा अनुभव आहे. असाच प्रकार पृथ्वीच्या बाबतींत घडतो. ज्या आयनिक वृत्तांतून सूर्य फिरतोसा दिसतो, त्याच्याशीं काटकोनांत असलेल्या दिशेंतील एखाद्या ताऱ्यावर दुर्बिण रोंखली—समजा, शेजारच्या आकृतींत ती ‘ आ ता ’ या दिशेनें रोंखली, तर दुर्बिणींतून ‘ ता आ ’ या दिशेनें येणारा प्रकाश



[आ. नं. १२. प्रकाशाचें परांचन]

'आ' येथें डोळ्यावर येऊन पोंचण्यापूर्वीच पृथ्वीच्या गतीमुळें दुर्बिण ई येथें गेलेली असल्यामुळें तारा दिसत नाहीं, म्हणून मध्यंतरीच्या काळांत तितकेंच अंतर मागें 'अ' पर्यंत, दुर्बिणीचें नेत्रभिंग न्यावें लागतें. वेधांवरून अनुभव असा येतो कीं 'आ-ता' या दिशेंतला तारा 'अता' दिशेनें, म्हणजे **पुढच्या** अंगाला, अ ता आ या कोनानें, म्हणजे २०″-५ नीं, चळलेला असतो. वर्षभराच्या अवधींत हा तारा, आपल्या सरासरी स्थानाभोंवतीं २०.५″ त्रिज्येच्या वृत्तांतून फिरून आलेला दिसतो. आयनिक वृत्तांतील तारे ४१″ च्या सरळ रेषेंत दोलायमान स्थितींत आढळतात. आकाशांतले इतर भागांतले तारे निरनिराळया आकारांच्या विवृत्ताकृति मार्गांतून वार्षिक फेऱ्या घालीत असलेले आढळतात. हा सर्व परिणाम पृथ्वीच्या गतीचाच आहे हें उघड आहे. पृथ्वी स्थिर असती आणि सूर्यच फिरत असता तर ताऱ्यांच्या या दृश्य, वार्षिक, गतीची उकल करतां आली नसती.

विवृत्ताकृति मार्ग—

अशा रीतीनें पृथ्वी हीच सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालते असें एकदां मान्य केल्यावर प्रत्यक्ष वेधानें तिच्या मार्गाचें स्वरूप निश्चित करतां येतें. सूर्य-

बिंबाचे वेध घेतल्यास या बिंबाचा व्यास कधीं थोडा लहान तर कधीं मोठा भासतो. १ जानेवारी, १ एप्रिल, १ जुलै आणि १ ऑक्टोबर या तारखांना तो अनुक्रमें १६′१८″, १६′२″, १५′४५″ आणि १६′०″ इतका असतो. जितका दृश्यव्यास लहान, तितकें तें बिंब दूर अंतरावर असतें हें ध्यानांत घेतल्यास, प्रमाणबद्ध अंतरें घेऊन पृथ्वीची कक्षा निश्चित करतां येते व ती विवृत्ताकृति ठरते. म्हणजे तिला केप्लरचे सर्व नियम लागूं पडतात. या कक्षेवरून सूर्यप्रदक्षिणा घालण्याला पृथ्वीला ३६५·२५६४ दिवस लागतात. सूर्याचें लंबन (पराशर) मोजलें गेलें आहे तें ८″·७९० येतें. त्यावरून पृथ्वी ही सूर्यापासून सरासरी, ९,३०,०५,००० मैल असावी असें दिसतें. सूर्य हा विवृत्ताच्या एका केन्द्रांत आहे.दरवर्षी जानेवारी१-२च्या सुमाराला पृथ्वी सूर्याच्या निकट येतें तेव्हां ती ' उपसूर्य ' बिंदूजवळ, सूर्यापासून सुमारें ९ कोटी १५ लक्ष मैलांवर, आणि जुलै ३-४ च्या सुमारास दूरात दूर, अपसूर्य बिंदुजवळ, ९ कोटी ४५ लक्ष मैलांवर असते. या कक्षेची विमध्यता सुमारें $\frac{१}{६०}$ आहे.

ऋतुमान—

पृथ्वी आपल्या अक्षाभोंवतीं दररोज परिवलन घेत घेत, आपल्या विषुव पातळीशीं २३$\frac{१}{२}$° चा कोन करणाऱ्या आयनिक वृत्तांतून, विवृत्ताकृति मार्गानें, सूर्याभोंवतीं वार्षिक प्रदक्षिणा घालते, ह्यामुळेंच तिजवर हल्लीं आढळणारें ऋतुमान मुख्यत्वेंकरून घडतें. तिजभोंवतालचें वातावरण आणि पृष्ठभागावरील जमिनीपाण्याची विभागणी यांचीही या ऋतुमानाच्या घडणीला मदत होते. दैनंदिन परिवलनामुळें तिचा सर्व पृष्ठभाग आलटून पालटून सूर्यकिरणांनीं तापून निघतो, निवतो, वारे वहातात व पाण्याचें बाष्पीभवन-घनीभवन घडतें. आयनिक वृत्ताशीं तिची विषुवपातळी कललेली नसती, समांतर राहती, तर विषुववृत्ताजवळपासच्या टापूंत सतत

उन्हाळा आणि दक्षिणोत्तर ध्रुवांकडे सतत हिंवाळा आढळला असता; म्हणजे ऋतुमान हें केवळ अक्षांशरेखानुगामी झालें असतें.

वसंतसंपात, विष्टंभ, शरत्संपात आणि अवष्टंभ या चार बिंदूंनीं आयनिक वृत्ताचे चार भाग पडतात. या चार बिंदूंजवळ सूर्य अनुक्रमें २१ मार्च, २२ जून, २३ सप्टें. आणि २१ डिसेंबर या दिवशीं येतो. पृथ्वीचा अक्ष नेहमीं आकाशांत एकाच दिशेकडे रोखलेला असतो. हा अक्षाचा रोख नेहमीं कायम राखून ती सूर्यप्रदक्षिणा घालीत असतांना २१ मार्च या दिवशीं वसंतसंपातीं सूर्य येतो तेव्हां तिच्या सर्व पृष्ठभागावर समसमान दिनमान आणि रात्रिमान असतें. यावेळीं विषुववृत्तावर सूर्यकिरण लंब रेषेंत पडतात. त्यानंतर सूर्यक्रांति वाढत जाते आणि पृथ्वीच्या उत्तर गोलार्धांत चढत्या अक्षांशावर सूर्यकिरण लंब रेषेंत पडूं लागतात. २२ जूनला सूर्य विष्टंभ बिंदूजवळ येतो. त्यावेळीं उत्तर अक्षांश २३½ वर सूर्यकिरण लंबरेषेंत असतात. उत्तरगोलार्धांत यावेळीं उन्हाळा आणि दक्षिण गोलार्धांत हिंवाळा असतो. याच क्रमानें २३ सप्टेंबरला पुन्हां समरात्रिंदिन येऊन २१ डिसेंबरला सूर्य अवष्टंभीं असतो. एव्हांना ऋतूंची आलटापालट झालेली असते. ज्योतिर्दृष्ट्या, वसंतसंपातापासून आरंभ करून, वर उल्लेखिलेलीं चार क्षेत्रें व्यापण्याला सूर्याला जे निरनिराळे अवधि लागतात तेवढेच खरोखरी चार नैसर्गिक ऋतु. प्रत्यक्ष पृथ्वीवर जे निरनिराळे ऋतुभेद आढळतात ते मुख्यत्वें तिच्या पृष्ठभागावरील परिस्थितिभेदामुळेंच संभवतात. हे चार नैसर्गिक ऋतु आणि त्यांचे अवधि पुढीलप्रमाणें आहेत.

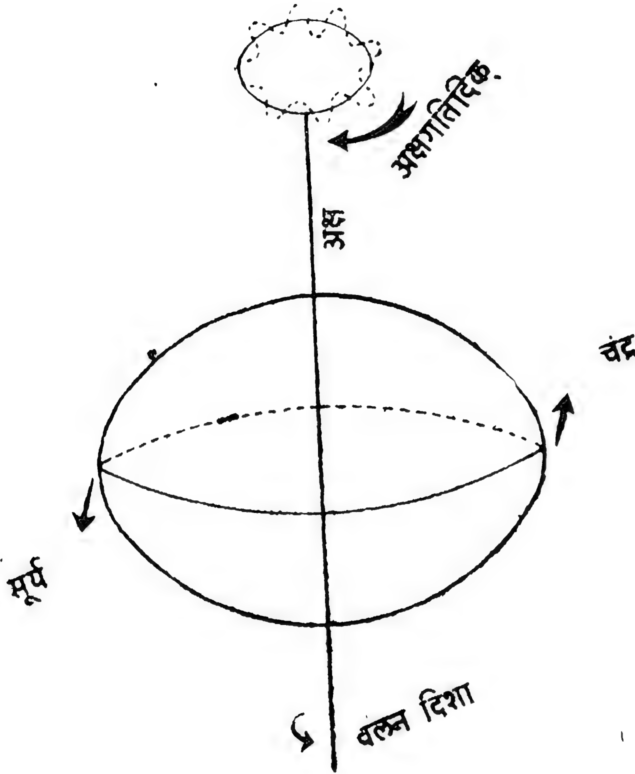
वसंत	९२ दि.	२१ ता.	(सुमारें)	शरद्	८९ दि.	१८ ता.	(सुमारें)
ग्रीष्म	९३ ,,	१४ ,,	,,	हेमंत	८९ ,,	१ ,,	(,,)

संपात चलन—पृथ्वीचा अक्ष नेहमीं एकाच दिशेला कललेला असतो असें वर म्हटलें आहे, तें मर्यादित कालखंडाच्या दृष्टीनें खरें

असलें तरी सूक्ष्म वेधांवरून असें आढळतें कीं, या अक्षालाही एक प्रकारची गति असून तो आयनिक वृत्ताच्या अक्षाभोंवतीं, म्हणजे त्या वृत्ताला जर एखादी लंब रेषा काढली आणि ती आकाशांत दूरवर पर्यंत वाढवली तर ती आकाशाला ज्या दोन दक्षिणोत्तर बिंदूंत भिडल्याचा भास होईल त्या दोन उत्तर आणि दक्षिण, मेरुबिंदूंभोंवतीं, २३$\frac{1}{2}$° च्या त्रिज्यावृत्तावर, सुमारें २६,००० वर्षांत एक प्रदक्षिणा पुरी करतो. याचा परिणाम असा होतो कीं, ज्याला आपण हल्लीं 'ध्रुव' म्हणून म्हणतो त्या ताऱ्याजवळून पृथ्वीचा अक्ष नेहमींच न जातां कालांतरानें तो दुसऱ्या एखाद्या, मेरुपासून २३$\frac{1}{2}$° वरच असलेल्या, ताऱ्याकडे वळतो आणि हा नवा तारा आतां ध्रुव बनतो. मात्र असें घडत असतांना, पृथ्वीचें विषुववृत्त आणि आयनिकवृत्त यां दोहोंमध्यें असणारा जो २३$\frac{1}{2}$° चा कोन तो जवळजवळ नेहेमीं कायमच रहातो. याचा परिणाम असा होतो कीं, धान्य दळून झाल्यानंतर जात्याच्या वरच्या तळीला चिकटलेलें पीठ झाडून काढण्यासाठीं वरची तळी किंचित् उचलून तिरपी धरावी आणि जागच्या जागीं फिरवावी म्हणजे जशी उभयतळींची छेदरेषा एकसारखी सरकत असल्याचें आढळेल तसाच प्रकार, विषुवपातळी आणि आयनिक पातळी यांची जी छेदन रेषा, वसंत आणि शरद् संपातांतून जाणारी, ती चळत असलेली आढळते. यांतलें आयनिकवृत्त ही जात्याची खालची तळी आणि विषुववृत्त ही वरची तळी कल्पिली म्हणजे हें चलन आयनिकवृत्तावर कसें घडत असेल याची कल्पना येईल. संपातचलन हें प्रतिवर्षी पूर्वेकडून पश्चिमेकडे घडत असुन त्याचें वार्षिक मान सुमारें ५०".२ आहे. प्रत्यक्ष इतिहास आहे तो मात्र असा कीं संपातचलन घडतें ही गोष्ट प्रथम अवलोकनांत आली आणि त्यावरूनच मग अक्षपरिभ्रमणाची अटकळ बांधतां आली. 'आश्लेषा नक्षत्राच्या मध्यापासून पूर्वी सूर्याचें दक्षिणायन सुरू होई. आतां तो पुनर्वसूपासूनच माघारी वळतो', असें वराहमिहिरानें

लिहून ठेवलें आहे. सूर्याच्या स्थितीवरूनच हें संपातचलन ध्यानांत आलें.

संपातचलनाची शास्त्रीय मीमांसा प्रथम मांडली ती ऐझॅक न्यूटननें. शेजारच्या आकृतींत, सोयीसाठीं, चंद्र,आणि सूर्य हे दोन्ही गोल आयनिक



[आकृतींत कल्पनेसाठीं पृथ्वी थोडी अधिक फुगीर दाखविली आहे. बाणांना जेथून सुरुवात होते ती आडवी पातळी ही तिची विषुव पातळी. वरच्या अंगाला सुदर्शन चक्रासारखें वृत्त आहे त्याच्या अखंड रेषेवरून अक्षाग्र फिरत जातें. तुटक रेषेवरून तो मागेंपुढें डोलत जातो.]

[आकृति नं. १३. संपातचलन आणि अपेंगन.]

वृत्तांतच पण केवळ नांवांनीं दाखविलें आहेत. पृथ्वीची विषुवपातळी आडव्या दिशेंत आहे. पृथ्वीचा विषुवभाग थोडासा फुगीर आहे हें ध्यानांत घेतलें म्हणजे सूर्याचें आकर्षण फुगीर भागावर अक्षाच्या टोंकावरील भागापेक्षां, थोडें अधिक असेल हें सहज समजेल. याचा परिणाम असा होतो कीं, फुगीर भाग आयनिक वृत्ताच्या रोखानें थोडासा खेंचला जातो. गणितानें असें दाखवितां येतें कीं अशा तऱ्हेची जर खेंच निर्माण झाली,

आणि तरीहि वैषुव कल कायमच राहात असला, तर आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें, कोणत्याही भिरभिरत्या गोलाचा अक्ष स्थिर दिशेस न राहतां प्रदक्षिणा घालीत राहील. सूर्याप्रमाणेंच चंद्राचाहि परिणाम होतो. या दोहोंमुळे निर्माण होणाऱ्या चलनास 'चांद्रसौर चलन', ग्रहांमुळे निर्माण होतें त्यास 'ग्रहचलन', आणि उभयतांस मिळून 'सामान्यचलन' म्हणतात; तेंच वर दिलें आहे.

अशा रीतीनें संपाताला चलन असल्यामुळें, आणि मागें सांगितलेलें ऋतुमान हें पृथ्वीच्या सूर्यसापेक्ष स्थितीवर अवलंबून असल्यामुळें आज ज्या ऋतूंत जीं नक्षत्रें आकाशांत ज्यावेळीं दिसतात; तीं नक्षत्रें त्याच ऋतूंत कालांतरानें त्यावेळीं दिसणार नाहींत; म्हणजे विवक्षित, ऋतूंत विवक्षित क्षणीं कांहीं धार्मिक कृत्यें करावयाचीं असतलि तर कालांतरानें नक्षत्रांचें साहचर्य टिकवतां येणार नाहीं; आणि नक्षत्रांना पकडून राहावयाचें असेल तर ऋतूंची कांस सोडावी लागेल.

अपेंगन—

संपातचलनामुळें कोणत्याही ताऱ्याचे शर आणि भोग हें हळूं हळूं बदलत जातात. मागें जें **परांचन** म्हणून सांगितलें (आ. १३ पहा) त्यामुळेंहि ताऱ्यांच्या शरावर परिणाम होतो. ब्रॅडलेनें असें सिद्ध केलें कीं संपात-चलन आणि **परांचन** या दोहोंमुळें ताऱ्यांच्या शरांत जे फेरफार आढळावयाचे त्यापेक्षां प्रत्यक्ष शर थोडे निराळे येतात. याचें कारण असें कीं पृथ्वीचा अक्ष वृत्ताकृति मार्गानें मेरुबिंदूभोंवतीं प्रदक्षिणा घालतो म्हणून जें वर सांगितलें ती प्रदक्षिणा, चंद्राच्या आकर्षणामुळें, थेट वृत्ताकृति मार्गानें न घडतां, एखाद्या माणसानें पेंगतांना त्याचें डोकें मागें पुढें व्हावें त्याप्रमाणें मागें पुढें होत होत ती पुरी होते, म्हणजे हा मार्ग थोडा नागमोडी होतो यांतला मागें पुढें होण्याचा एक पर्यय १९ वर्षांनीं पुरा होतो. या क्रियेला

अपेगन म्हणतात. हें आकृति १४ मध्यें, वरच्या अंगाला तुटक नागमोडी रेषांनीं दाखविलें आहे.

कालमापन आणि पंचांगें—

मागें पृ. ६७ वर दाखविल्याप्रमाणें पृथ्वी ही आपल्या अक्षाभोंवतीं, जवळ जवळ एकाच संथ वेगानें फिरत असल्यामुळें कालमापनासाठीं तिच्या परिवलनाचा चांगला उपयोग करून घेतां येतो. वसंतसंपात बिंदू-जवळ निश्चित असा तारा नाहीं; आज मिळाला तरी वर्षभरानें तेथें वसंत-संपात असणार नाहीं. म्हणून वसंतसंपातीं एक अदृश्य तारा नेहमींच असतो असें मानण्याचा प्रघात आहे. एकदां याम्योत्तरवृत्तावर वसंतसंपात आल्यापासून पुन्हां तो त्याच वृत्तावर येण्याला लागणारा जो अवधि, त्याला नाक्षत्र दिवस म्हणतात. ज्योतिष्यकामध्यें वेधांसाठीं नाक्षत्रकाल सोयीचा असल्यामुळें त्यासाठीं निराळीं घड्याळें वापरतात.

तथापि, नेहमींच्या व्यवहारासाठीं सूर्यावर विसंबणें सोयीचें असतें. सूर्य एकदां याम्योत्तरवृत्तावर आल्यापासून पुन्हा तो त्याच वृत्तावर येण्याला लागणारा जो अवधि त्याला सौर दिवस म्हणतात. पण नित्याचा अनुभव असा कीं सूर्य हा नेहमीं, बिनचूक, त्याच त्या कालावधीनें याम्योत्तर वृत्तावर न येतां कांहीं काळ थोडाथोडा उशीरां येतो, तर कधीं थोडाथोडा लवकर येतो. याला कारणें दोन. (१) पृथ्वीची कक्षा विवृत्ताकृति असल्यामुळें तिचा उपसूर्य बिंदूजवळील वेग अपसूर्य बिंदूजवळील वेगापेक्षां अधिक असतो. (२) ही कक्षा विषुववृत्ताच्या पातळींतच असती, तर वरील प्रकार घडला असता. पण ती २३½ अंशांनीं कललेली असल्यामुळें सूर्याच्या दृश्य गतींतला चढउतार अधिकच वाढतो.

म्हणून सोयीसाठीं एक काल्पनिक सूर्य मानण्याचा प्रघात असून हा सूर्य केवळ विषुववृत्ताच्या पातळींतूनच पृथ्वीभोंवतीं फिरतो असें मानलें जातें.

समजा, खरा सूर्य आणि हा काल्पनिक सूर्य, दोघेही, विषुव पातळींतच, पण खरा सूर्य आपल्या स्वतःच्या वेगानें आणि काल्पनिक सूर्य मात्र सरासरी वेगानें, धावत असून दोघांनींहि, जानेवारी १ ला उपसूर्य बिंदूपासून सुरवात केली. तर मग, या बिंदूजवळ, खऱ्या सूर्याचा वेग सरासरीपेक्षां अधिक असल्यामुळें येथपासून १ जुलैच्या सुमाराला अपसूर्य बिंदू गांठीं-पर्यंत तो काल्पनिक सूर्याच्या पुढें असेल. अपसूर्य बिंदूंत ते एकत्र येतील. त्यानंतर उपसूर्य बिंदूजवळ येईपर्यंत तो काल्पनिक सूर्याच्या मागें राहील.

आतां समजा, मार्च २१ लां खरा सूर्य वसंतसंपातीं येतो त्याचवेळीं त्याच्या शेजारीं आपला हा काल्पनिक सूर्यहि उभा आहे असें मानलें आणि खरा सूर्य आपल्या सरासरी गतीनें पण आयनिक पातळींतून जात असतांना काल्पनिक सूर्य मात्र विषुव पातळींतून संथ, मध्यम, गतीनें जात आहे असें कल्पिलें, तर वसंतसंपातापासून विष्टंभ बिंदूपर्यंतच्या प्रवासांत खरा सूर्य थोडा मागें राहील, विष्टंभ बिंदूंत दोघेहि एकदमच याम्योत्तरावर येतील, विष्टंभापासून शरत्संपातापर्यंत खरा सूर्य पुढें जाईल, नंतर पुन्हा मागें राहातां राहातां दोघेहि एकदमच अवष्टंभांतील याम्योत्तरावर येतील. तेथून वसंतसंपातापर्यंतच्या प्रवासांत मध्यमसूर्य थोडा मागें रेंगाळेल.

आपलीं घड्याळें मध्यमसूर्याच्या गतीवर लावलेलीं असतात तर शंकु-च्छायेच्या द्वारा खऱ्या सूर्यावर अवलंबून असणारी वेळ दाखविली जाते. म्हणून मग, वर दिलेले दोन्ही प्रकारचे संस्कार एकत्रित करून, घड्याळां-तला वेळ मिळावा म्हणून शंकुच्छायागत वेळेला जो संस्कार करावा लागतो त्याला समकार संस्कार म्हणतात. तो साधारणतः पुढीलप्रमाणें येतोः—

	मि.		मि.		मि.
१ जाने.	+ ३½	१ मे	– ३	१ सप्टें	०
१६ जाने.	+ ९½	१६ मे	– ४	१६ ,,	–५

	मि,		मि.		मि.
१ फे.	+ १३½	१ जू.	− २½	१ ऑक्टो.	−१०
१६ ,,	+ १४½	१६ ,,	+ ½	१६ ,,	−१४
१ मार्च	+ १२½	१ जुलै	+ ३½	१ नव्हें	−१६½
१६ ,,	+ ९	१६ "	+ ६	१६ "−	१५½
१ एप्रि.	+ ४	१ ऑ.	+ ६½	१ डिसें.	−११
१६ ,,	०	१६ "	+ ४½	१६ डिसें.	−४½

यावरून आलेख तयार केल्यास इतर दिवसांचा संस्कार मिळूं शकतो. १५ एप्रि. १४ जून, १ सप्टें. आणि २४ डिसें. या दिवशीं संस्कार शून्य होतो.

स्थानिक वेळ आणि **आप्त** वेळः— वरील विवेचनांत फक्त त्या त्या ठिकाणच्या मध्याह्नाचा विचार केलेला आहे; एका रेखांशावर सूर्य मध्याह्नीं असेल तेव्हां तो दुसऱ्या रेखांशावर तसा असणार नाहीं हें उघड आहे. म्हणजे एकाचक्षणीं ठिकठिकाणची वेळ परस्पर भिन्न असेल हें उघड आहे. अशा वेळीं जागतिक व्यवहारासाठीं कांहीं संकेत मानणें इष्ट असतें. हल्लीं ग्रीनिचची रेखा ही आप्तरेखा मानून पश्चिम रेखांश ७½ ते पूर्व रेखांश ७½ एवढ्या टापूंत ग्रीनिचच्या मध्यान्ह सूर्यावरून मिळणारी वेळा पाळलीं जाते. त्यानंतर मग उत्तरोत्तर १५° रेखांशांच्या टापूंत अनुक्रमें १ तास, २ तास इ० मिळवून ती ती वेळा ही त्या त्या टापूची आप्तवेला म्हणून मानली जाते. ग्रीनिचच्या वेळेंत ५½ तास मिळवले म्हणजे भारतीय आप्तवेळ मिळते.

निरनिराळीं वर्षमानें

कालमापनासाठीं दिवस हें जसें एक सोईस्कर मान आहे तद्वतच वर्ष हेंहि एक मान आहे. प्रतिवर्षी साधारणतः त्याच त्या महिन्यांत तेच ते

ऋतु येत रहावेत अशा रीतीनें कालगणना करणें हें व्यवहाराला सोयीचें असल्यामुळें या कामीं नेहमीं साधारणतः **सांपातिक वर्ष** सोयीचें असतें. संपातीं सूर्य आल्यापासून पृथ्वीचें एक परिभ्रमण पुरें होऊन पुन्हां तो तेथें यावयाला जो अवधि लागतो तें सांपातिक वर्ष. दीर्घकालीन वेधांवरून तें ३६५·२४२२१६ दिवसांचें असतें असें ठरलें आहे.

आज एका ताऱ्याजवळ सूर्य उगवला असतां पुन्हां तो त्याच ताऱ्याजवळ उगवण्याला लागणारा जो अवधि तें **नाक्षत्र वर्ष**. संपात बिंदूंना प्रतिवर्षी ५०″·२ चें चलन असल्यामुळें हें साहजिकच सांपातिक वर्षापेक्षां थोडें मोठें असतें. तें ३६५·२५६३७४ दिवसांचें असतें

वर्षमानाचा तिसराहि एक प्रकार आहे. त्याला **परिक्रम वर्ष** म्हणतात. उपसूर्यबिंदूजवळून निघून पुन्हां उपसूर्य बिंदूजवळ येण्याला पृथ्वीला लागणारा अवधि तें परिक्रमवर्ष. आयनिक वृत्ताच्या बृहदक्षाला प्रतिवर्षी पूर्वेकडे ११″·२५ चें चलन असल्यामुळें वरील दोहोंपेक्षां हें वर्षमान थोडें मोठें, म्हणजे ३६५·२५९५४ दिवसांचें असतें.

पंचांगें—अशा रीतीनें निरनिराळीं वर्षमानें आणि दिवस यांचा संबंध पूर्णांकांत नसल्यामुळें कालगणनेची कांहीं तरी व्यावहारिक सोय करणें हें एक ज्योतिष्यकांचें काम आहे. तें पंचांगद्वारां साधलें जातें. असें करतांना एका वर्षाचा अपूर्ण शेषभाग दुसऱ्या वर्षांत शक्य तो कमी प्रमाणांत जावा आणि त्याचबरोबर कालगणनेची पद्धत शक्य तों सोपी, सुटसुटीत असावी हें उद्दिष्ट दृष्टीसमोर असतें. पाश्चात्य कालगणनेची जानेवारी, फेब्रुवारी इ. महिन्यांची जी हल्लींची पद्धत तिच्यामध्यें हें साधण्याचा प्रयत्न केला असला तरी तिच्यामध्यें सुधारणेला वाव आहे असेंच मानलें जातें.

आपल्या भारतीय पंचांगांत सूर्याबरोबरच चंद्राची म्हणजे तिथिमासादिकांची सांगड घातली गेली असल्यामुळें तें वरील कसोटीला उतरत नाहीं.

त्यांत तिथीची क्षयवृद्धि होते. अधिकमास आणि क्वचित् क्षयमासहि येतात. पाश्चात्य पंचांगांतून ग्रहतारे इत्यादिकांची दैनंदिन स्थितिविषयक माहिती असते. तिचा उपयोग नाविक वैमानिकांना होऊं शकतो. भारतीय पंचांगांची रचना तूर्त तरी मुख्यत्वें धार्मिकविधींसाठींच असते.

पृथ्वीचें बहिरंग—

येथवर केवळ परिवलन आणि परिभ्रमण या दोहोंतून निर्माण होणाऱ्या प्रश्नांचा विचार केला. आतां खुद्द पृथ्वीकडेच थोडेसें वळूं.

तिचें वातावरण— पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून कमीतकमी २०० मैल उंचीपर्यंत वातावरणाचा एक मोठा समुद्रच लपेटलेला आहे. या समुद्राच्या तळाशीं राहूनहि त्याच्या विषयींची माहिती मिळविण्यासाठीं निरनिराळ्या युक्त्या प्रयुक्त्या योजिल्या गेल्या आहेत. माणसें बसलेले रबरी फुगे, बिनतारी प्रेषण यंत्रें, रडार्स, उल्का, उत्तरध्रुवप्रकाश आणि दक्षिणध्रुवप्रकाश इत्यादिकांच्या सहाय्यानें वातावरणांतल्या निरनिराळ्या उंचीवरच्या थरांतली माहिती मिळवितां आली आहे.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागाजवळपासच्या वातावरणांत पुढीलप्रमाणें वायूंचें प्रमाण आढळतें.

नैजातु (नायट्रोजन)	७८·०८°/०
ऊर्वातु (ऑक्सिजन)	२०·९५ ,,
हेलातु (आर्गान)	० ९३ %
अर्वाद्विधोर्वक (कार्बनडायॉक्साईड)	०.०३ ,,

याखेरीज अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणांत नूनातु (निऑन),. हेलातु (हेलियम), लीनातु (क्रिप्टॉन), कोटभातु (झेनॉन) अध्युर्वातु (ओझोन) आणि उज्जातु (हैड्रोजन) हे वायु आढळतात. जसजसें वरच्या वातावरणांत

जावें तसतसें हलक्या वायूंचें प्रमाण थोडें अधिक असून नैजातु आणि ऊर्जातु हे मात्र सर्व उंचीवर आढळतात असें दिसतें.

रबरी फुग्यांना तपमापक जोडून ते उंच वातावरणांत निरनिराळ्या ठिकाणाहून सोडून दिले तर असें आढळतें कीं दर ५०० फुटाला १° या प्रमाणांत ध्रुवप्रदेशावरील वातावरणांत सुमारें ५½ मैल पर्यंत, आणि विषुववृत्तावरील सुमारें १० मैल पर्यंत तपमान एकसारखें कमी होत जातें. वातावरणाच्या या थराला तपांबर (ट्रॉपोस्फियर) म्हणतात त्यानंतर बऱ्याच उंचीपर्यंतच्या वातावरणाचें तपमान सुमारें ५६° श. वर स्थिर असतें, म्हणून यास स्थितांबर (स्ट्रॅटोस्फियर) आणि दोहोंमधील पातळीस तपस्तब्धि (ट्रॉपोपाज) म्हणतात. स्थितांबरांतून वर वर जावें तसतसें बरेचसे वरच्या अंगाला तपमानांत उत्तरोत्तर चढउतार होत असल्याचें आढळतें. रेडिओचा उपयोग करून आतां असें आढळलें आहे कीं सुमारें ३०० मैल उंचीवर हें तपमान ७००° श. पर्यंत चढत असावें.

वातावरणाचे ज्योतिष्यकीय आणि इतर परिणाम—पृथ्वीच्या वातावरणांत एकंदरीनें ओझोन वायु अत्यंत कमी प्रमाणांत असला तरी त्यांतल्या त्यांत त्याचें प्रमाण सुमारें १४ ते २२ मैल उंचीवर विशेष आढळतें. हा वायु सूर्यकिरणांतल्या अतींद्र भागांतला कांहीं अंश शोषून घेतो. यामुळें सूर्य आणि तारे यांच्या अभ्यासात थोडीफार कमतरता निर्माण झाली तरी या तीव्रकिरणामुळें त्वचेला होणारा उपद्रव टळतो.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून सुमारें ३८ मैलांच्या उंचीवर एक, ५० ते ९० मैलांच्या उंचीवर दुसरा, आणि १३० ते १७५ मैलांच्या उंचीवर तिसरा अशा तीन थरांनीं युक्त असलेलें दलांबर आहे. सांवाहिक प्रक्षेपणासाठीं वापरतात तसलें दीर्घ आयामांचे तरंग येथूनच परावर्तनद्वारा माघारा येत असतात.

या वातावरणांतून जेव्हां सूर्यप्रकाश आंत शिरतो तेव्हां त्यांतला जो लघु आयामांचा भाग असतो तो हवेंतील रेणूंवरून सर्वत्र विखुरतो आणि उरलेला प्रकाश उत्तरोत्तर खालीं भूपष्ठाकडे येतो. या विखुरण्यामुळें आकाश निळें दिसतें. या खेरीज ज्योतिष्यकाच्या दृष्टीनें ध्यांनांत घेण्याजोगा दुसरा परिणाम म्हणजे प्रकाशाचें **पर्यावर्तन.** प्रकाश जेव्हां विरल माध्यमांतून अधिकाधिक घन माध्यमांत शिरतो तेव्हां तो या माध्यमांवर टाकलेल्या ओळंब्याच्या बाजूला वांकतो. यालाच पर्यावर्तन किंवा वक्रीभवन म्हणतात.

संधिप्रकाशः—

पृथ्वीभोंवतीं वातावरण नसतें तर सूर्य मावळतांच तावडतोब सर्वत्र अंधार पडला असता. वातावरणामुळें प्रकाशाचें परावर्तन आणि विकिरण घडत असल्यामुळें सूर्योदयापूर्वी कांहीं वेळ, आणि सूर्यास्तानंतर थोडावेळ, थोडासा उजेड मिळत असतो. यालाच संधिप्रकाश म्हणतात.

साधारणतः सूर्य जेव्हां क्षितिजाखालीं सुमारें १८° वर गेलेला असतो तेव्हां अंधुक उजेड देखील नाहींसा झालेला असतो. म्हणून एवढें अंतर जाण्याला सूर्याला लागणारा वेळ हेंच उषःकालाचे आणि संध्येचें मान म्हणून मानितात. विषुववृत्तापासून जसजसें चढत्या अक्षांशांकडे जावें तसतसा सूर्याचा दैनंदिन मार्ग अधिकाधिक तिरपा होतो, म्हणून तेथें उषःकाल आणि संध्याकाळ हे दोन्ही वाढत्या प्रमाणांत असतात. हें प्रमाण ऋतुमानावर अवलंबून राहातें.

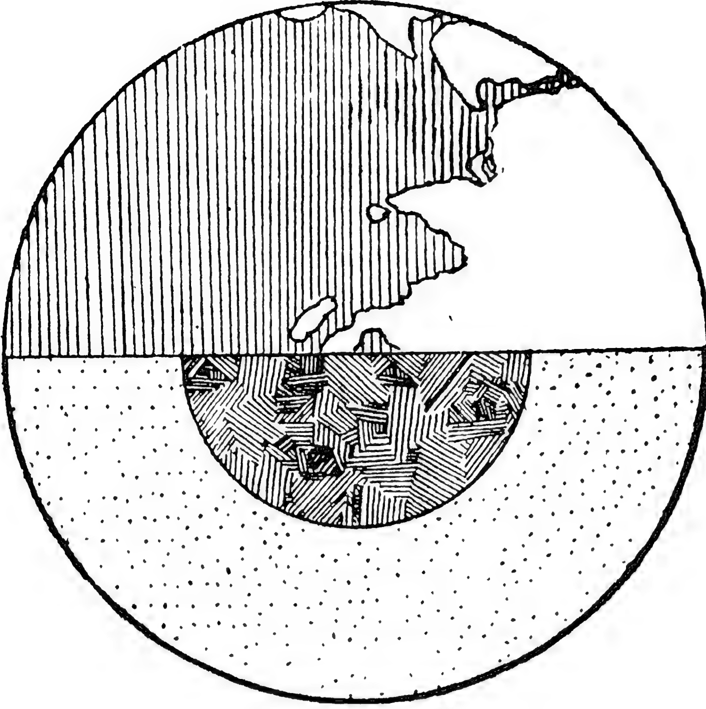
पृथ्वीचें अंतरंगः—

पृथ्वीच्या अंतरंगाविषयीची माहिती प्रत्यक्षतः फारशी मिळत नाहीं. जास्तींत जास्त खोल खणणी देखील दोन मैलांपेक्षां फारशा खोल नाहींत. त्यांतील तपमान सुमारें २०० फुटांला १° फॅ. या प्रमाणांत चढत जातें.

चंद्राच्या आकर्षणामुळें पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर भरती ओहोटी येते. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर जें बाह्य, घट्ट कवच आहे त्याच्या आंत विद्रवावस्थेंतील पदार्थ असते तर ज्या प्रमाणांत पृष्ठभागावर भरती आली असती, त्याची तुलना, हाच अंतर्भाग घट्ट असता तर घडूं शकणाऱ्या भरतीशीं करून, लॉर्ड केल्विननें असा तर्क बांधला होता कीं हा भाग कांचेपेक्षां अधिक आणि पोलादापेक्षां कमी टणक पदार्थांनीं व्यापलेला असावा. मायकेलसन आणि गेल यांनीं पाण्याच्या दोन नळया जमिनींत पुरून त्यांवर घडणाऱ्या सूक्ष्म भरती ओहोटींचे वेध घेऊन असें ठरविलें कीं पृथ्वीच्या अंतरंगांत सर्वत्र सारखीच घनता आणि लवचीकपणा असेल, आणि न दबणारे पदार्थ असतील तर, तिचा टणकपणा पोलादाहूनही अधिक भरेल. पृथ्वीची विषुववृत्ताकडील बाजू थोडी फुगीर असून अक्षाग्रांकडील बाजू दबलेली आहे. गणितानें असें दाखवितां येतें कीं इतका फुगीरपणा यावयाचा झाल्या पृथ्वीचें अंतरंग चांगलें टणकच असलें पाहिजे.

या अनुमानाला अधिक बळकटी भूकंपांचे आलेख घेणारीं जीं साधनें असतात त्यांच्यावरून मिळते.

भूकंपवेत्त्यांच्या मतें, स्थितिस्थापक पदार्थांतून दोन प्रकारचें तरंग जाऊं शकतात. पहिल्या प्रकाराला प्राथमिक तरंग म्हणतात. भूकंप घडतो तेव्हां याच तरंगांची नोंद प्रथम भूकंपलेखी यंत्रावर घडते. हे तरंग एकप्रकारें ध्वनितरंगासारखेच असतात. म्हणजे असें कीं एखाद्या पदार्थांतून ज्या दिशेनें ते जातात त्या दिशेनें त्या पदार्थांतील रेणूंची, एका आड एक, घनविरलता निर्माण होते. दुसऱ्या प्रकारचे तरंग दुय्यम तरंग असून ते ज्या दिशेनें जातात तिच्याशी काटकोनांतल्या रेणूंचें कंपन घडतें. हे तरंग विद्रवावस्थेंतील पदार्थांतून जाऊं शकत नाहींत.



[आकृति नं. १४—अंतरंग]

या दोन्ही प्रकारच्या तरंगांच्या अनुरोधानें अनेक भूकंपलेखांचें परिशीलन केल्यावर असें आढळतें कीं पृथ्वीच्या केन्द्रभागीं सुमारें २००० मैल त्रिज्येचा अतिशय घट्ट असा गाभा असून तो बहुधा निकेल आणि लोह यांचा बनलेला असावा. त्याचें विशिष्टगुरुत्व सुमारें १० ते १२ असावें. आपल्या वातावरणाचा दाब हें एक दाबाचें मान (वातांबर) मानिल्यास या केंद्रभागीं सुमारें ३२ लक्ष वातांबरांचा दाब असावा. आणि तरीसुद्धा हा भाग विद्रवावस्थेंत असावा; कारण वर उल्लेखिलेले ' दुय्यम ' तरंग या गाभ्यांतून जाऊं शकत नाहींत. या केंद्रभागाच्या बाहेरच्या अंगाला सुमारें २००० मैल जाडीचें, म्हणजे जवळजवळ भूपृष्ठापर्यंत येऊन ठेपणारें मोठें कवच असून तें बहुधा लोह, सैकातु, भ्राजातु, मॅग्नेशियम, आणि उज्जातु

(ऑक्सिजन) यानीं बनविलेल्या ड्युनाइट नांवाच्या द्रव्याचें असावें. याची जाडी बहुधा सर्वत्र सारखी नसावी. या कवचाच्या वरच्या अंगाला सुमारें २५ ते ३० मैल जाडीचा पापुद्रा असून त्यालाच आपण, नित्याच्या व्यवहारांत भूपृष्ठ म्हणून ओळखतों. हा पापुद्रा मुख्यत्वें ग्रॅनाइटचा आढळतो. भूपृष्ठापासून जसजसें आंत जावें तसतसें तपमान वाढत जातें. तरीसुद्धां सुमारें १८६ मैलांच्या आंतल्या अंगाला आज जें तपमान असेल त्यांत पृथ्वीच्या जन्मापासून आतांपर्यंत बहुधा फारसा फरक झाला नसावा असें भूपष्ठावरील खडकांत आढळणाऱ्या रादनिक द्रव्यांचा अभ्यास केलेल्या कांहीं भूस्तरवेत्त्यांचें म्हणणें आहे.

कांहीं अंशीं पृथ्वीच्या अंतर्गत घडामोडीमुळें आणि कांहीं अंशीं हवामानामुळें घडणाऱ्या भूपृष्ठावरील फेरफारांमुळें, पृथ्वीचें आपल्या अक्षाभोंवतालचें संतोलन थोडथोडें बदलतें, आणि त्यामुळें खुद्द पृथ्वीच्या पृष्ठावरचा ध्रुवबिंदु सुमारें ४३३ दिवसांस २६ फूट त्रिज्येची एक गिरकी घेतो आणि वर्षभरांत सुमारें ३० फूट बृहदक्षाची एक लहानशी विवृत्ताकृति गिरकी घेतो असें आढळलें आहे. याचा परिणाम प्रत्येक स्थळाच्या अक्षांशावर थोडासा होतो.

पृथ्वीच्या कांहीं घटनांचा छडा लावतांना पृथ्वी हा एक मोठा कर्षुक (लोहचुंबक) आहे हेंही ध्यानांत घ्यावें लागतें.

पृथ्वीचें वस्तुमान—

न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाप्रमाणें कोणत्याही दोन पदार्थांमधील आकर्षण हें त्या दोन पदार्थांच्या वस्तुमानांच्या गुणाकारावर आणि त्यांच्यामधील अंतराच्या वर्गव्यत्यासावर अवलंबून असतें. या नियमांत एक स्थिर, गुरुत्व–नित्यांक येतो. म्हणून पृथ्वीचें वस्तुमान काढतांना प्रथम हा गुरुत्व नित्यांक निश्चित करावा लागतो. ' अ ' ह्या पदार्थांवर

'ब' चें आकर्षण घडत असेल तें न्यूटनच्या उपर्युक्त नियमानें मोजून नित्यांक निश्चित केला म्हणजे, त्याचें 'अ' वर घडणाऱ्या पृथ्वीच्या आकर्षणास ह्याच नियम लावून तिचें वस्तुमान निश्चित करावयाचें अशी या बाबतींतली साधी रीत आहे.

यासाठीं, १९३० सालीं वॉशिंग्टन येथील 'ब्यूरो ऑफ स्टँडर्डस' या संस्थेतील पॉल हेयल यांनीं एक प्रयोग केला तो असाः— एक हलकीशी ८ इंच लांबीची पट्टी घेऊन तिच्या दोन्ही टोंकांना प्रत्येकीं $१\frac{१}{२}$ औंस सोन्याचे गोळे लावले आणि तिच्या मध्यावर, विजेच्या दिव्यांत असते तसली, टंगस्टनची एक बारीक पण लांबलचक तार बांधून ही पट्टी लोंबती ठेवली. या तारेला इतका थोडा पीळ पडे कीं, पट्टीला बांधलेला सुवर्णगोल थोडासा बाजूला ओढून सोडून दिला तर त्याला एक आंदोलन पुरें करण्याला ३० मिनिटें लागत. उलट पक्षीं, त्या दोन्ही गोळ्याजवळ प्रत्येकीं १४५ पौंडाची दोन पोलादी वजनें ठेवलीं तेव्हां हा अवधि ५ मिनिटांनीं कमी लागूं लागला; यावरून हेयलनें गुरुत्व नित्यांक काढला तो ६.६७०×१०^{-८} से. मि.^{३} ग्रॅम सेकंड^{२} असा आला, आणि पृथ्वीचें वस्तुमान ६.६×१०^{११} (६६ सहस्र–परार्ध) टन आलें.

पृथ्वीच्या या वस्तुमानावरूनच, तुलनेनें, इतर ग्रहोपग्रहांचें वस्तुमानही वरील नियमाच्या आधारानें काढतां येतें. वरील वस्तुमानावरून पृथ्वीची घनता पाण्याच्या ५.५२२ पट येते.

पृथ्वीचें वयोमान—

पृथ्वीचें वयोमान ठरविण्याच्या अनेक रीति भौमिक शास्त्रांत उपलब्ध आहेत. एक पद्धत अशी कीं, दरवर्षी नद्यांतून किती क्षार समुद्रांत सांचून राहिलेला आहे हें मोजून तेवढा क्षार सांचण्याला लागणारा अवधि ठरवावयाचा. दुसरी पद्धत अशी कीं, पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर

सांचलेल्या थरांची उंची मोजावयाची, आजच्या काळीं असेच थर जमण्याचा वेग किंवा झपाटा किती आहे हें प्रत्यक्ष वेधानें ठरवावयाचें, याच क्रमानें पूर्वीही पृथ्वीच्या भूपृष्ठभागांवरील गाळ सांचत आले असतील असें मानावयाचें आणि ते सांचण्याला लागणारा अवधि मोजून त्यावरून पृथ्वीच्या आयुर्मानाची अटकळ बांधावयाची. पण या दोहोंपेक्षां तूर्त तरी विशेष विश्वासार्ह म्हणून मानली गेली आहे, ती पद्धत 'रदनक्रिये' विषयींची आहे. भूपष्ठावरील अनेक खडकांतून औरसातु (युरेनियम), क्षपातु (थोरियम) आणि रदातु (रेडियम) सारखी कांहीं रदनक्रियाशील मौलें सांपडतात. अशा मौलांचा विशेष हा कीं, त्यांमधून अल्फा, बीटा आणि गामा या नांवांनीं प्रसिद्ध असलेले, तेजःकिरण एकसारखे बाहेर पडत असतात.

या मौलांची परिणति संपूर्णपणें शिश्यांत होईपर्यंत हे किरण अखंडितपणें बाहेर येत असतात. दुसराही एक विशेष असा कीं, युरेनियमपासून बनणारें शिसें, हें थोरियम शिश्यापासून भिन्नत्वानें ओळखता येण्याजोगें असून त्यांचें हें परिभावन म्हणजे रूपांतर—हळू हळू चालू असतांना त्या दोहोंपासूनहि थोडथोडा हेलियम वायु निघत असतो. सुमारें १० लक्ष वर्षांत एक ग्रॅम युरेनियमपासुन $\frac{१}{७४००}$ ग्रॅम शिसें मिळतें आणि एक ग्रॅम थोरियमपासून $\frac{१}{१९५००}$ ग्रॅम शिसें मिळतें. यावरून निरनिराळ्या ठिकाणच्या खडकांत आढळणारें, युरेनियम, थोरियम आणि त्यांच्याच शेजारीं असणारें त्या त्या मौलाचें शिसें, याच्या परस्पर प्रमाणावरून पृथ्वी सुमारें २–३ अब्ज वर्षांची असावी अशी अटकळ आहे.

एवंगुणविशिष्ट पृथ्वीच्या पाठीवर राहून केवळ 'जीवेम शरदः शतम्' एवढी लहानशीच आयुर्मर्यादा मागणारा मनुष्यप्राणी तिच्या भूतकाळांत डोकावूं इच्छितो, तिचें अंतरंग शोधूं पाहातो, तिच्या भांवडांची ओळख करून

घेऊन तिचा वंशवृक्ष काढूं चहातो; इतकेंच काय पण विश्वांतल्या ज्या मोठया नगरींत तिचें हें लहानसें खोपटें आहे, त्या नगरीची माहिती, आपल्या दारच्या उंबरठयावरून उंचावेल तेवढी मान उंच करून, मिळवावयाचा प्रयत्नही तो करीतच राहतो!

पृथ्वीचा एकुलता एक उपग्रह–चंद्र. : ५

प्रास्ताविक

'चांदोबा, चांदोबा भागलास कां ?''...पाय घसरला? कशास उलटें चालावें ? ' चंद्र कोणता, वदन कोणतें ? ' इत्यादि काव्योक्तींच्याद्वारा, निरनिराळ्या वयोमानांत निरनिराळ्या तऱ्हांनीं, चंद्र आपल्या नजरेसमोर आलेला असतो. अफाट सागरावर स्वैरपणें संचार करणाऱ्या धाडसी खलाशांना तोच मार्गदर्शक असतो. " चंद्राला खळें आणि शेतकऱ्याच्या खळ्याचें वाटोळें" इत्यादि शब्दांत तो शेतकऱ्यांच्याहि परिचयाचा असल्याचें आढळतें. एक काळ असा होता कीं ज्योतिर्विदांना त्याचा नित्याच्या व्यवहारासाठीं एकमेव आधार होता. कोणत्याना कोणत्या तरी तऱ्हेनें आबालवृद्धांना तो आधींच परिचित असतो. त्याच्या कला, त्याची शीघ्र गति, त्याचे सौम्य व शीतल तेज, त्यावरील विचित्र डाग, एका रात्रीं स्वच्छ प्रकाश देणारा गरगरीत गोल, तर पुढें एका सबंध रात्रींत दृष्टीसही न पडणारा इ० त्याच्या विचित्र, चित्तवेधक, गुणांमुळेंच त्यानें मनुष्यमात्राचें लक्ष आकाशाकडे वेधून घेतलें आहे. अनेक देशांत त्याच्यासंबंधीं अनेक सुरस दंतकथा, कल्पना व समजुती निर्माण झाल्या आहेत. अमेरिकेंतील कांहीं लोकात अशी समजूत आहे कीं अमावास्येपासून पौर्णिमेपर्यंत चंद्र हा वनस्पति, प्राणी, इत्यादि वाढतात त्याचप्रमाणें वाढत असतो; पण तो पुढें फार वाढत जाईल या भीतीनें त्याला शेतातील उंदीर रोज कुरतडून कुरतडून खाऊन टाकितात. तरी पण फिरून अमावास्येनंतर नवीन चंद्र उगवतो; असें सतत चालतें ! चंद्रबिंबावरील डागांकडे तर प्रत्येकाचें लक्ष जातेंच. चीन, हिंदुस्थान, इजिप्त, अरबस्तान, ग्रीस, युरोप, इत्यादि देशांतील लोकांना निरनिराळ्या काळीं या त्याच्या डागांमध्यें

विविध आकृति दिसल्या आहेत. कोणाला सिंह, तर कोणाला धांवणारा ससा, कोणाला माणसाचा चेहरा, तर कोणाला लहान मुलगी, कोणाला लाकडाची मोळी घेतलेला म्हातारा, तर कोणाला माणूस व त्याचा कुत्रा, कोणाला हरीण, इत्यादि इत्यादि अनेक प्रकारचीं चित्रें त्या डागांत दिसल्याचीं वर्णनें आहेत.

चंद्रदर्शन आणि त्याच्या कला :

आकाशांत दररोज रात्रीं चंद्र कोठें दिसतो हें पहात राहिल्यास दोन गोष्टी चटकन नजरेंत भरतात. पहिली गोष्ट ही कीं काल जेथें चंद्र दिसला तेथें तो आज, त्याचवेळीं, दिसत नाहीं. दररोज तो झपाट्यानें पूर्वेकडे—ताऱ्यांच्या अनुषंगानें पाहिल्यास–जात असतो. दुसरी गोष्ट ही कीं काल त्याचा आकार जेवढा दिसला तेवढा तो आज असत नाहीं. सुमारें पंधरा दिवसपर्यंत हा आकार वाढत जातो; पंधरा दिवस तो कमी कमी होत जातो. या त्याच्या दृश्य भागालाच त्याची ‘ कला ’ म्हणतात. सूर्य आणि चंद्र हें जेव्हां पृथ्वीच्या एकाच दिशेला असतात, तेव्हां ‘अमावास्या’ घडतें. अमावास्येच्या सुमारास एखादा दिवस चंद्र दिसत नाहीं. त्यानंतर तो जसजसा सूर्यापासून अधिकाधिक दूर, पूर्वेला, जातो तसतशी त्याची कलावृद्धि होतां होतां तो गरगरीत, चेंडूसारखा, दिसूं लागतो. जेव्हां पृथ्वीच्या एका बाजूला सूर्य आणि दुसऱ्या बाजूला चंद्र अशी स्थिति येते, तेव्हां ‘पौर्णिमा’ घडते. पौर्णिमेपासून अमावास्येपर्यंत कलाक्षय होत होत अखेरीस अमावास्येला चंद्र अजिबात दिसेनासा होतो. चंद्राच्या आणि बुधशुक्रांच्या कलांत विशेष फरक आढळतो तो असा कीं, चंद्राची कला रेखीव, गणितागत कलेसारखी असते; तर बुधशुक्रांच्या कला शृंगाकडील भागांना थोड्या अधिक अणकुचीदार, पसरट असतात. अमावास्येपासून अमावास्येपर्यंत, किंवा पौर्णिमेपासून पौर्णिमेपर्यंतचा जो अवधि त्यालाच चान्द्रमास म्हणतात. हा

सरासरी २९· ५३०५९ दिवसांचा असतो. एवढ्या अवधींत चंद्राची एक सूर्यसापेक्ष पृथ्वी प्रदाक्षिणा घडलेली असते.

ताऱ्यांच्या अनुषंगानें चंद्राचें स्थान पाहात राहिल्यास कालांतरानें ध्यानांत येतें कीं, चंद्राचा मार्ग—कक्षा—हा आपल्या आयनिक वृत्ताशीं सुमारें ५° नीं कललेला आहे. अशा रीतीनें ही त्याची कक्षा कललेली नसती, आणि आयनिक वृत्तांतूनच चंद्रानें पृथ्वीभोंवतीं परिभ्रमण केलें असतें तर, चंद्राचा आणि सूर्याचा, दोघांचेहि, दृश्य व्यास प्रत्येकीं सुमारें ½ अंशाचेच असल्यामुळें, दर अमावास्येला चंद्रबिंबानें सूर्याला झाकून टाकलें असतें आणि त्यामुळें ' सूर्यग्रहण ' घडलें असतें. तसेंच तो दर पौर्णिमेला पृथ्वीच्या छायेंत शिरला असता आणि त्यामुळें ' चंद्रग्रहण ' दिसलें असतें. पण, प्रत्यक्षतः त्याची कक्षा, वर सांगितल्याप्रमाणें, थोडी कललेली असल्यामुळें दरमहा अशीं ग्रहणें घडत नाहींत. चंद्राचा मध्यबिंदु जेव्हां आयनिक वृत्तापासून ½° च्या अंतरांत येईल तेव्हांच तीं घडतात. सूर्यबिंब जेव्हां पूर्णपणें व्यापिलें जातें तेव्हां ' खग्रास ' सूर्यग्रहण, पूर्णपणें झांकलें जात नाहीं तेव्हां कंकणाकृति ग्रहण, आणि त्याच्या एखाद्या भागावरूनच चंद्रबिंब जातें तेव्हां खंडग्रहण घडतें. एरव्हीं, दर अमावास्येला आणि पौर्णिमेला चंद्र आयनिक वृत्ताच्या थोडा उत्तरेला किंवा दक्षिणेला असतो.

अमावास्येच्या अंतीं चंद्र आणि सूर्य या दोहोंचे भोग एकच येतात. त्यानंतर चंद्रसूर्यांमध्यें १२° चें अंतर पडण्याला जो अवधि लागतो त्याला **तिथि** म्हणतात. आपल्या पंचांगांत चंद्रसूर्यांच्या गतींचा मेळ घालून तिथींचा निर्देश केलेला असतो.

कला आणि ग्रहण याप्रमाणें "पिधान" हाहि एक मनोरंजक व उद्बोधक सृष्टिचमत्कार आहे. चंद्र आकाशांतून रोज अदमासे १३ अंश या प्रमाणें पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जात असतो,

यामुळें तो पुष्कळशा ताऱ्यांच्या पुढून जात असतांना त्यांना झांकून टाकतो. अर्थात्, बऱ्याच ताऱ्यांचें तेज कमी प्रतीचें असल्यामुळें चंद्र त्यांच्या जवळ येण्याच्या अगोदरच त्याच्या तेजांत ते बुडून दिसेनासे होतात; पण कांहीं जास्त तेजस्वी तारे चंद्र अगदीं जवळ येईपर्यंत दिसत राहतात. प्रत्यक्ष दुर्बिणींतून असें "पिधान" पहातांना फारच गम्मत वाटते. मघा, ज्येष्ठा, चित्रा, व रोहिणी—विशेषतः रोहिणी—चांगल्या तेजस्वी असल्याकारणानें त्या जवळजवळ चंद्रबिंबाच्या मागें जात असताना नुसत्या डोळ्यांनीं दिसतात व बरोबर वेळ साधून पाहिल्यास त्याच्या दुसऱ्याबाजूनें म्हणजे, त्याच्या पश्चिमेकडील बाजूनें, बाहेर पडतांना दिसतात. अशातऱ्हेनें चंद्र दररोज सरासरी पांच सहा ताऱ्यांचें "पिधान" करतो. तें त्यांचें ग्रहणच म्हणावयास हरकत नाहीं. कोणताहि तारा अशा तऱ्हेनें चंद्राच्या पूर्वेच्या कडेनें झाकला जाऊन त्याच्या पश्चिमेच्या कडेनें बाहेर पडावयास साधारणतः घटिका दोन घटिका तरी लागतात. आयनिक वृत्तापासून चंद्र साधारणतः ५ ते ५$\frac{१}{४}$ अंशापर्यंत असतो. म्हणून या पट्टयांत येणाऱ्या सर्व तारकांचें व ग्रहांचेही पिधान तो करू शकतो.

आयनिक वृत्ताच्या आजूबाजूच्या अदमासें १०—१०$\frac{१}{२}$ अंशाचा पट्टा (म्हणजे त्याच्या बिंबाच्या अदमासें २०—२१ पट मोठा) सुमारें १८॥ वर्षांत दोनदां तो पायाखालीं घालतो. म्हणून एकदां एखाद्या ताऱ्याला तो आच्छादून जाऊं लागला कीं सतत दोन वर्षें तरी त्या ताऱ्याचें पिधान घडून येत असतें. सूर्य ज्याप्रमाणें पृथ्वीच्या उष्ण कटिबंधांतील प्रत्येक स्थलावरून वर्षांतून दोनदा जातो तशा सारखाच हा प्रकार होय. विशेषतः पूर्वीच्या काळीं चंद्रबिंबाचा अचूक आकार काढण्यासाठीं अशा पिधानाच्या वेधांचा उपयोग करीत असत.

वर म्हटल्याप्रमाणें चंद्र रोज अदमासें १३ अंश या प्रमाणांत पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जात असतो. तथापि पृथ्वीची स्वतःभोंवतीं फिरण्याची

गति या मानानें अत्यंत शीघ्र असल्यामुळें चंद्र इतर सर्व ज्योतींप्रमाणें पूर्वेला उगवतो. मात्र पौर्णिमेच्या नंतरचे चंद्रोदय रात्रीच्या काळांत होत असल्यामुळें सहज दिसून येतात. पौर्णिमेला मध्यरात्रीं आकाशाच्या ज्या भागांत चंद्र दिसतो त्याच भागांत अदमासें सहा महिन्यापूर्वी किंवा सहा महिन्यानंतर सूर्य असतो हें सहज लक्षांत येण्यासारखें आहे. चंद्रोदयाच्या स्थानाचीहि अशीच गोष्ट आहे म्हणजे पूर्वबिंदूच्या दक्षिणेस अथवा उत्तरेस चंद्रोदय होणें हें बरोबर सूर्याच्या त्या ठिकाणच्या उदय काळाच्या उलटकाळीं—सहा महिन्यांच्या अंतरानें—होत असतें.

चंद्र—एक समीपस्थ :

ज्योतिःशास्त्रातील वेध दोन प्रकारचे असतात. कोणत्याही आकाशस्थ ज्योतीची गति, स्थिति इ० ठरविण्यासाठीं लागणारे वेध एका प्रकारचे होत व तिच्या प्रत्यक्ष वस्तूचे गुणधर्म जाणण्यासाठीं लागणारे वेध दुसऱ्या प्रकारचे होत. पहिल्यांतून स्थलात्मक ज्योतिःशास्त्र निर्माण झालें व दुसऱ्यांतून ज्योतिर्वास्तव निघालें. या दोन्ही प्रकारच्या वेधांवरूनच चंद्रासंबंधीची विपुल माहिती उपलब्ध झाली आहे. स्थलात्मक वेधांच्या दृष्टीनें चंद्राच्या वेधांना तीन प्रकारचें महत्त्व आहेः—(१) कालगणना, (२) ज्योतिर्विषयक अंतराचें एकक आणि (३) " पिधान." या तीनहि गोष्टींचें महत्त्व पूर्वीच्याकाळीं अधिक होतें. चंद्राच्या **स्थलात्मक** वेधांवरून पूर्वीच कळून चुकलें होतें कीं तो पृथ्वीचा एक समीपस्थ उपग्रह आहे. फक्त एखादा लघुग्रह, अधूनमधून चमकून जाणाऱ्या उल्का, किंवा थेट पृथ्वीवर येऊन पडणारे अशनि एवढेच काय ते विश्वांतील दुसरे आकाशस्थ आपल्या जवळ येतात.

पृथ्वीपासून चंद्र किती अंतरावर आहे हें काढावयाचें असतें तेव्हां एकाच रेखांशावरील दोन स्थळें प्रथम निवडावीं लागतात. (भिन्न रेखां-

शावरील स्थळें निवडल्यास कांहीं संस्कार करावे लागतात.) अशा स्थळांचे अक्षांश माहीत असले म्हणजे पृथ्वीच्या केन्द्राशीं घडणारा त्या दोहोंतला कोन समजतो. पृथ्वीवरचींच स्थळें असल्यामुळें त्या दोहोंतलें अंतर मोजतां येतें. एवढी माहिती हाताशीं असल्यावर, त्या दोन्हीं स्थळांपासून, एकाच क्षणीं, चंद्राची अवनति—म्हणजे द्रष्टयाच्या शिरोबिंदूपासून चंद्राचें कोनात्मक अंतर—मोजली म्हणजे चंद्राचा पराशर (लंबन) निश्चित होतो, आणि त्यावरून, साध्या त्रिकोणमितीनें त्याचें अंतर निश्चित करतां येते. या पद्धतीचा उपयोग केल्यावर असें आढळतें कीं चंद्राचा सरासरी पराशर ५७′ ३″ आहे. तसेंच, पृथ्वीपासूनचें त्याचें सरासरी अंतर २,३९,००० मैल आहे. या संबंधांत सर आर्थर एडिंगटन यानें एके ठिकाणीं असे उद्गार काढले आहेत कीं, एवढ्या खटाटोपांतून चंद्राचें अंतर निश्चितपणें मिळण्याऐवजीं ग्रीनिच—केपटाऊन अंतराचीच अधिक निश्चिति घडते. पण याचा अर्थ एवढाच कीं वाघाच्या शिकारीची तयारी ठेवावी तेव्हां कोठें ससा हातीं लागतो; म्हणून कांहीं वाघाची शिकार कधीं घडतच नाहीं असें मात्र नव्हे !

चंद्राची कक्षा पृथ्वी सापेक्ष—

पृथ्वीभोंवतीं चंद्र प्रदक्षिणा घालतो ती त्याची पातळी आपल्या आयनिकवृत्ताशीं सुमारें ५° नीं कललेली असते हें मागें सांगितलें आहे. या पातळींतून चंद्र जो आपला मार्ग आक्रमित असतो त्या मार्गांतली त्याची प्रत्यक्ष गति बरीच गुंतागुंतीची असते.

चंद्रबिंबाचा सरासरी दृश्य व्यास $\frac{1}{2}$° चा असतो. हा त्याचा व्यास प्रतिक्षणीं बदलत असतो. जसजसा चंद्र आपल्या पृथ्वीपासून अधिकाधिक दूर जाईल तसतसें त्याचें बिंब अधिकाधिक लहान दिसेल आणि तो जवळ येईल तसतसें तें मोठें दिसेल. हें उघड आहे. चंद्र जेव्हां आपल्यापासून

दूरांत दूर (अपभू बिंदूजवळ) असतो तेव्हांचा त्याचा व्यास १६७४″ असून तो मोठा होत होत पृथ्वीला अतिशय जवळ (उपभू) येतो तेव्हांचा व्यास २०१३″ असतो. अंतर आणि आकार यांचे व्यस्त प्रमाण ध्यानांत घेऊन चंद्राची, उत्तरोत्तर बदलत जाणारी, पृथ्वीसापेक्ष जागा दाखविणारा आलेख काढला तर स्थूलपणें असें दिसतें कीं चंद्राचा हा पृथ्वी प्रदाक्षिणेचा मार्ग (कक्षा) विवृत्ताकृति असून त्या विवृत्ताच्या एका केंन्द्रांत पृथ्वी असते. या मार्गावरचा, पृथ्वीला जवळांत जवळचा, जो बिंदु त्याला उपभू म्हणतात. आणि दूरात दूरच्या बिंदूला अपभू म्हणतात. सूक्ष्म वेधानें ही कक्षा निश्चित केली म्हणजे असें आढळतें कीं तिची विमध्यता ०.०५४९ आहे, म्हणजे ही कक्षा बरीच लंबवृत्त आहे. उपभू बिंदूजवळ चंद्र असतो तेव्हां पृथ्वीपासूनचें त्याचें अंतर २,२१,५०० मैलांचें असून त्यावेळीं तो आपला मार्ग बराच झपाट्यानें आक्रमित असतो. आणि जेव्हां तो अपभू बिंदूजवळ, २,५२,७०० मैलांच्या अंतरावर असतो, तेव्हां हा झपाटा बराच कमी झालेला असतो. अशा रीतीनें प्रतिक्षणीं चंद्राचा अवेग बदलत असून कधीं तो सरासरीपेक्षां अधिक, तर कधीं तो सरासरीपेक्षां कमी, अशी स्थिति असल्यामुळें गणिताच्या सोयीसाठीं प्रथम सरासरी मानानें चंद्र कोठें असेल हें ठरवावयाचें, आणि मग प्रत्यक्ष तो दिसतो त्या जागीं दिसण्याला इष्ट ते संस्कार देऊन गणितानें प्रत्यक्ष चंद्राची जागा निश्चित ठरवावयाची, असा मार्ग स्वीकारावा लागतो. यासाठीं कमींत कमी ७–८ प्रमुख संस्कार द्यावे लागतात, ते पुढीलप्रमाणें आहेत.

१ केंद्रसंस्कार

प्रतिक्षणीं चंद्राचा आपल्या कक्षेंतला वेग बदलत असतो हें वर सांगितलें आहे. समजा, एकाच वेळीं, चंद्राच्या या कक्षेंतून दोन चंद्र पृथ्वीभोंवतीं फिरत आहेत असें घटकाभर मानिलें आणि त्यांतला एक चंद्र

हा आपला नित्याचा, खराखुरा, चंद्र (म्हणजेच स्पष्ट चंद्र) असून दुसरा एक काल्पनिक, 'मध्यम' चंद्र मानिला; यांतला पहिला चंद्र हा आपल्या नित्याच्या, म्हणजे प्रतिक्षणीं बदलत्या, कोनीय वेगानें धांवत असून दुसरा मात्र सरासरी कोनीय वेगानें जात असेल; आणि दोघांही जणांनीं एकदमच उपभू बिंदू-पासून धांवावयाला सुरवात केली असेल तर मग ७ दिवसांनीं आपला 'स्पष्ट' चंद्र 'मध्यम' चंद्राच्या पुढें सुमारें ६°१७′ नीं गेलेला आढळेल. हळूंहळूं 'मध्यम' चंद्राची गति वाढेल आणि ते दोघेही अपभू जवळ एकत्र येतील. त्यानंतर 'खरा' चंद्र रेंगाळूं लागेल. ७ दिवसांत तो ६°१७′नीं मागें राहील, आणि मग वेग वाढवून दोघेही पुन्हां उपभू बिंदुजवळ एकत्र येतील. अशा रीतीनें ही सश्याकांसवांची पाठशिवण नेहमीं चालू राहील. चंद्रकक्षेच्या विमध्यतेमुळें स्पष्टचंद्राचें स्थान काढण्यासाठीं करावा लागणारा जो संस्कार त्याला केन्द्र—संस्कार म्हणतात.

२ पातचलन—संस्कार

चंद्राची ही कक्षा आपल्या (पृथ्वीच्या) आयनिक वृत्ताशीं ५°८′४३″ नीं कललेली असते. आयनिक वृत्ताला ती दोन बिंदूंत छेदते. त्यामुळें तिचे दोन समसमान भाग होतात. एक आयनिक वृत्ताच्या दक्षिणेकडे असणारा, आणि दुसरा उत्तरेकडे असणारा. दक्षिणेकडून उत्तरेकडे जातांना आयनिकवृत्तांतल्या ज्या छेदबिंदूला ओलांडून चंद्राला जावें लागतें त्या बिंदूला राहू म्हणतात, आणि उत्तरेकडून दक्षिणेकडे जातांना ज्या बिंदूला ओलांडावें लागतें तो केतु. या दोहोंनाहि मिळून 'पात' किंवा 'निपात' असें सामान्य नांव असून तें चंद्राखेरीज इतर कक्षांनाहि लागूं पडतें.

या राहूकेतूंना जोडणारी जी पातरेषा तिची दिशा नेहमीं एकच एक अशी कायम टिकून राहात नाहीं आपल्या पृथ्वीकक्षेच्या संपातबिंदूंना

जसें चलन आहे, तसेंच तें राहूकेतूंनाही आहे. ही गोष्ट फार प्राचीन-काळापासून माहीत आहे. आज राहूचें स्थान मेषेंत असेल तर सुमारें १८ महिन्यांनीं तो मीन राशींत आढळतो, म्हणजे ३०° नीं तो पश्चिमेकडे चळतो, आणि असा मागें जात जात तो पुन्हां ६७९३.५ दिवसांनीं, म्हणजे सुमारें १८$\frac{३}{४}$ वर्षांनीं, पुन्हां पूर्वस्थळीं येतो. वसंतसंपातापासून निघून पुन्हां वसंतसंपाताजवळ येण्याला त्याला साहाजिकच थोडा अधिक अवधि लागतो, कारण मध्यंतरीच्या कालांत हा वसंतसंपातबिंदूसुद्धां थोडा पश्चिमेकडे चळलेला असतो.

हें जें पातरेषेचें चलन घडतें तें सुद्धां सरीस एकाच संथ वेगानें घडत नाहीं. सूर्य जेव्हां कोणत्याहि एका पातबिंदूजवळ किंवा त्याच्यापासून ९०° वर असतो तेव्हां या पातबिंदूचें चलन सरासरी वेगानें घडत असतें. पण तो जेव्हां तेथून फक्त ४५° वरच असतो, तेव्हांचा चलनवेग हा कमालीचा किंवा किमानीचा असतो. हे फेरफार, सरासरी वेगाच्या दुतर्फा ±१° ४०′ पर्यंत घडत असतात. अशा रीतीनें पातचलनातील फेरफारामुळें मध्यम चंद्राला द्यावा लागणारा जो संस्कार त्याला **पातचलन संस्कार** म्हणतात.

३. विक्षेप संस्कार—

वर जो चंद्र कक्षेचा कल ५° ८′ ४३″ म्हणून सांगितला तीसुद्धां नेहमींच स्थिर राहात नाहीं. हा कलहि, थोडासाच कां होईना, पण एक-सारखा बदलत असतो. तो जास्तीत जास्त १८′ नी वाढतो, आणि सरासरीपेक्षां तितकाच कमी होतो. हा चढ उतार हाण्याचा एक फेरा पुरा होण्याला सुमारें १७३ दिवस लागतात. या चढउतारामुळें जो संस्कार द्यावा लागतो त्याला विक्षेप संस्कार म्हणतात. हा चंद्रकक्षेचा कल ध्यानांत घेऊन आयनिक वृत्ताला अनुलक्षूनच चंद्राचें गणित करावयाचें असतें तेव्हांही एक ‘ विक्षेप ’ संस्कार द्यावा लागतो.

४. उपभू-चलन संस्कार—

येथवर जो विचार केला तो चंद्राच्या कक्षापातळीची दिशा, विमध्यता आणि कल याबाबतींत घडणाऱ्या फेरफारांबद्दलच मुख्यत्वें होता. याखेरीज आणखी एक महत्त्वाचा संस्कार चंद्रकक्षेच्या बाबतींत करावा लागतो तो चंद्रकक्षेच्या बृहदक्षाच्या बाबतींत, म्हणजे उपभू आणि अपभू बिंदूंना जोडणाऱ्या रेषेच्या बाबतींत असतो. चंद्राचा दृश्य व्यास जास्तींत जास्त मोठा केव्हां दिसतो हें पाहून ठेऊन त्या बिंदूजवळपासचा ताराही टिपून ठेवला तर असें आढळतें कीं हा उपभूबिंदु दररोज सुमारें ४०१" नीं पूर्वेला चळत असतो; म्हणजे ताऱ्याच्या पार्श्वभूमीला अनुलक्षून पाहिल्यास त्याला पुन्हां पूर्वस्थळीं येऊन पोंचण्याला ३२३२ दि. ११ ता. १४ मि. लागतात.

हें जें उपभू बिंदूचें चलन म्हणून सांगितलें तेंसुद्धां नेहमीं एकाच संथ वेगानें घडत नाहीं. त्याचा, आणि चंद्रकक्षेच्या विमध्यतेंतही जो पर्यय होत असतो त्याचा, अन्योन्यसंबंध आढळतो. चंद्रकक्षेच्या बृहदक्षावरच जेव्हां सूर्य येऊन ठेपतो तेव्हां उपभू बिंदूची गति सरासरी मानाची असते, पण त्यावेळीं त्या कक्षेची विमध्यता जास्तींत जास्त (०·०५४९ + ०·०११७) झालेली असते. त्यानंतर ती १०३ दिवसांनीं कमींत कमी मानाला (०·०५४९ – ०·११७) जाऊन, पुन्हां १०३ दिवसांनीं महत्तम होते. एवढ्या अवधींत उपभू बिंदूचा भोग देखील मध्यममानापेक्षां १२° २०′ नीं अनुक्रमें चढलेला आणि उतरलेला असतो. उपभू बिंदूच्या या चलनामुळें द्यावा लागणारा जो संस्कार तो उपभू-चलन संस्कार.

५ केन्द्रापगम संस्कार—

मध्यमचंद्र आणि प्रत्यक्षचंद्र यामध्यें जास्तीत जास्त अंतर सुमारें ६° १७′ चें येतें असें मागें सांगितलें आहे. चंद्रकक्षेच्या विमध्यतेमध्येंही

बदल होत असतो हें ध्यानांत घेतल्यास प्रत्यक्ष आणि मध्यम चंद्रामधील अंतर ५°३′ पासून ७°३१′ पर्यंत बदलत असतें. सरासरी केन्द्रसंस्कार जो ६°१७′ त्याच्यापासून त्या त्या क्षणींचा केन्द्रसंस्कार मिळवण्यासाठीं जो अंक मिळवावा किंवा उणें करावा लागतो त्याला **केन्द्रापगम संस्कार** म्हणतात. जास्तीत जास्त अपगम १°१६′ येतो. प्रत्यक्ष अपगम काढावयाचा तो (१) उपभूबिंदूपासून चंद्राचें अंतर आणि (२) चंद्रापासून सूर्याचें अंतर, यावर अवलंबून असतो. या संस्काराचा पर्यय काळ ३१·८१ दिवसांचा असतो.

६ वार्षिक संस्कार—

अमावास्येच्या वेळीं पृथ्वीपेक्षां चंद्र हा सूर्याला जवळ असतो, आणि पौर्णिमेला तो दूर असतो. या उभय प्रसंगीं सूर्याच्या आकर्षणाचा परिणाम पृथ्वी-चंद्रामधील अंतर वाढविण्याकडे होतो. यामुळें चंद्राच्या गतींत कमजास्तपणा निर्माण होतो, त्याचा पर्ययकाल पृथ्वीच्या परिक्रमवर्षावर अवलंबून असतो. पृथ्वी जेव्हां उपसूर्यबिंदूजवळ असते तेव्हां हे वियोजन अधिक असतें, अपसूर्य बिंदूजवळ तें कमी असतें. म्हणून उपसूर्यबिंदूच्या जवळपास, ऑक्टोबर ते मार्च, चंद्रकक्षेची सरासरी चलज्या ही वार्षिक सरासरीपेक्षां मोठी आणि चंद्राचा परिवेग हा वार्षिक सरासरी परिवेगापेक्षां लहान असतो. याच्या उलट स्थिति एप्रिल ते सप्टेंबर अखेर असते. म्हणून चंद्राचा प्रत्यक्ष भोग काढण्यासाठीं त्याच्या सरासरी भोगाला कांहीं संस्कार द्यावा लागतो. याला **वार्षिक संस्कार** म्हणतात.

७ चंद्रगति संस्कार—

एका चांद्रमासामध्यें पृथ्वी आणि चंद्र या उभयतांच्या गतींत सूर्याच्या आकर्षणामुळें—वर सांगितलेल्या आकर्षण बदलामुळें—कांहीं फेरफार होतात.

चंद्राच्या गतींत अमावास्येपासून शुक्लाष्टमीपर्यंत किंचित् मंदी, पौर्णिमेपर्यंत वृद्धि, कृष्णाष्टमीपर्यंत मंदी, आणि पुन्हां अमावास्येपर्यंत वृद्धि घडते. यासाठीं जो संस्कार द्यावा लागतो तो **चंद्रगति संस्कार** होय.

८ चंद्रप्रवेग संस्कार—(दीर्घ कालीन)

इतके संस्कार देऊन झाल्यावरही दीर्घकालीन वेधांवरून असें आढळते कीं जुन्या वेधांशीं नवे वेध जुळवून घेण्यासाठीं एक लहानसा संस्कार करावा लागतो, त्याला अनामिक चंद्रप्रवेग संस्कार म्हणतात. पृथ्वीच्या परिवलन काळांत सूक्ष्मशी वाढ होत आहे असें मागें सांगितलेंच आहे. यामुळें चंद्राच्या गतीवरही सूक्ष्मसा परिणाम होत असावा अशी कल्पना आहे.

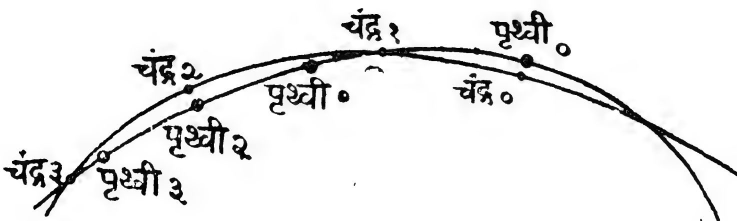
वरील निरनिराळ्या संस्कारावरून ध्यानात येईल कीं गणितानें प्रत्यक्ष चंद्राचें आकाशातलें स्थान निश्चित करणें ही एक मोठी जिकीरीची गोष्ट आहे. हें स्थान निश्चित करण्यासाठीं दर खेपेला गणित करण्यापेक्षां सुलभ सारण्या तयार करून त्याच वापरण्याचा प्रघात आहे. अशी एक सारणी अलीकडे, १९२० सालीं ब्राऊन यांनीं तयार केलेली आहे तिजवरूनच हल्लीं पाश्चात्य पंचांगांतील चंद्रविषयक माहिती दिलेली असते. वर जे निरनिराळे प्रमुख संस्कार सांगितले आहेत, त्या संस्काराचा उपयोग करून ही सारणी बनवितांना जें समीकरण सोडवावें लागतें त्यांत निरनिराळीं सुमारें १५०० पदें विचारांत घ्यावी लागतात. हें ध्यानांत घेतलें म्हणजे प्रत्यक्ष चंद्राचा पळपुटेपणा आणि शास्त्रज्ञांनीं त्याच्या पाठलागासाठीं दाखविलेली चिकाटी याची कल्पना येईल. अशा रीतीनें चंद्राचें स्थान निश्चित करण्यासाठी शास्त्रज्ञांना जो दीर्घ खटाटोप करावा लागतो त्याचें सूत्रबद्ध सार सांगावयाचें झाल्यास तें ' वेध आणि गणित, वेध आणि गणित, त्रिवार वेध आणि गणित, असेंच सांगावें लागेल. या बाबतींत १७ व्या शतकाच्या अखेरीस ग्रीनिच वेधशाळेची स्थापना करणाऱ्या फ्लॅमस्टीडचे पुढील उद्गार अद्यापहि चिंतनीय ठरतील—

"सध्याच्या सर्वोत्कृष्ट कोष्टकांत दिलेल्या चंद्राच्या स्थलांत आणि आकाशांतील प्रत्यक्ष स्थळांत एक तृतीयांशअंश एवढा मोठा फरक आढळतो; आणि शंभर वर्षांची जुनी टायकोब्राहेची ताऱ्यांची सूचि चुकीची व अपुरी ठरते. तत्त्वतः आजूबाजूंच्या तेजस्वी ताऱ्यांचें चंद्रापासूनचें अंतर मोजून कोणत्याहि स्थळाचे रेखांश काढण्याची रीत बरोबर असली तरी, अचल ताऱ्यांच्या दिलेल्या स्थलांतील दोष काढून टाकून चंद्राच्या गतीची नवीन व अधिक बिनचूक कोष्टकें तयार होईपर्यंत तीं व्यवहारांत आणणें अशक्य आहे; आणि यासाठीं सतत काहीं वर्षेंपर्यंत घेतलेल्या पुष्कळशा अचूक वेधाची माहिती असणें अत्यंत आवश्यक आहे."

फ्लॅमस्टीडच्या काळापेक्षा आतां चंद्रनिश्चितींत बराचसा बारकावा आलेला असला तरी अद्यापहि याबाबतींत आजचा शास्त्रज्ञ संतुष्टीचा ढेंकर देऊं शकत नाहीं.

सूर्यसापेक्ष चंद्रकक्षा :

वर्षभरांत चंद्राच्या ज्या प्रदक्षिणा पृथ्वीभोंवतीं घडतात त्या ध्यानात घेतल्यास, एवढ्या अवधींत तो सुमारें २५ वेळां पृथ्वीची कक्षा छेदून कधीं तिच्या या बाजूला तर कधीं त्या बाजूला जाण्याचा प्रसंग येत असल्यामुळें त्याचा सूर्यसापेक्ष मार्ग नागमोडी असेल असें सकृद्दर्शनी वाटेल; पण प्रत्यक्ष मात्र तो सूर्याला नेहमीं अंतर्वक्र कसा असतो हें आ. १५ वरून ध्यानांत येईल.



[आकृति नं. १५]

निरनिराळे मास—

१ चंद्रविषयक गणितांत निरनिराळ्या प्रकारचे महिने मानावे लागतात. सोयीसाठीं त्या सर्वांचीं मानें एकत्रित देणें इष्ट होईल.

१. चांद्रमास (सांवासिक)—वर पृ. ८५ सांगितल्याप्रमाणें २९.५३०५९ दिवस.

२. नाक्षत्रमास—एका ताऱ्यापासून निघून पुन्हां त्याच ताऱ्यापर्यंत येण्याला चंद्राला लागणारा अवधि. २७.३२१६६ दिवस.

३. परिक्रममास—उपभू बिंदूपासून निघून पुन्हां उपभू बिंदूजवळ येण्याला चंद्राला लागणारा अवधि. या उपभू बिंदूला थोडी पूर्वेकडे गति असल्यामुळें नाक्षत्रमासापेक्षां हा थोडा मोठा आहे. २७.५५४५५ दिवस.

४. पातमास— एका पातापासून निघून पुन्हा त्याच पातापर्यंत येण्याला चंद्राला लागणारा अवधि. या पातबिंदूना थोडी पश्चिमेकडे गति असल्यामुळें इतरांपेक्षां हा महिना थोडा लहान आहे. २७.२१२२२ दिवस.

५. सांपातिकमास—वसंत संपाताच्या दिशेपासून निघून पुन्हां त्याच दिशेला येण्याला चंद्राला लागणारा अवधि. संपात बिंदूला थोडेसें पश्चिमेकडे चलन असल्यामुळें हा महिना नाक्षत्रमासापेक्षां थोडा लहान असतो. २७.३२१५८ दिवस.

चंद्र परिवलन : :

लहानश्या दुर्बिणींतून चंद्रबिंबाकडे दिवसानुदिवस पाहात राहिल्यास असें दिसतें कीं चंद्राची तीच ती बाजू नेहमीं आपल्याकडे वळलेली असून तोच तो खाबडखोबड भाग नेहमीं दिसत असतो. यावरून असें वाटण्याचा संभव आहे कीं चंद्र बहुधा आपल्या अक्षाभोंवतीं फिरत नसावा. म्हणून,

शंका निरसनासाठीं, एखाद्या खोलीच्या मध्यावर कोणाला तरी उभें करावें आणि आपण त्याजभोंवतीं त्याजकडे तोंड करून प्रदक्षिणा घालावी, म्हणजे ध्यानांत येईल कीं या प्रदक्षिणेच्याच काळांत आपली पाठ आपल्या भोंवतालच्या चारीहि भिंतीकडे एकेकदां आलेली असते. आपण जागच्या जागीं गिरकी घेतों तेव्हां तरी यांपेक्षां अधिक काय घडतें ? म्हणजे मग याचा अर्थ असा झाला कीं प्रदक्षिणेच्याच काळांत आपण एक परिवलनहि घेतलें. चंद्राच्या बाबतींत असेंच घडतें.

पण हें थोडें स्थूल बोलणें झालें. थोडेंसें बारकाव्यानें पाहिल्यास चंद्राची थोडीशी अधिक बाजूहि दिसते. या आविष्कारास चंद्राचें डोलणें —‘ दोलना ’ म्हणतात. ही तीन प्रकारची असते. (१) भोग-दोलना (२) शर दोलना (३) दैनंदिन दोलना.

(१) भोग दोलना

चंद्र आपल्या अक्षाभोंवतीं फिरतो तो संथ वेगानें फिरतो, पण पृथ्वीभोंवतीं फिरताना त्याचा वेग बदलत असतो. यामुळें कधीं चंद्र-बिंबाच्या पूर्वेकडचा, तर कधीं पश्चिमेकडचा, भाग अधिक दिसतो.

(२) शर दोलना

चंद्राचा अक्ष हा त्याच्या परिभ्रम पातळीशीं थेट काटकोनांत नसून तो $6\frac{1}{2}^{\circ}$ नीं कललेला आहे. यामुळें कधीं दक्षिणेकडचा तर कधीं उत्तरेकडचा थोडा अधिक भाग दृष्टीच्या टापूंत येतो.

(३) दैनंदिन दोलना

चंद्राची एकच बाजू पृथ्वीकडे वळलेली असते हें बोलणें पृथ्वीच्या मध्यबिंदूला अनुलक्षून आहे. पण पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर असणाऱ्या दूरदूरच्या दोन द्रष्टयांना चंद्रबिंबाचें किंचिन्मात्र निरानिराळें अंग दिसेल.

या तिन्ही कारणांनीं मिळून चंद्राचा सुमारें ९% भाग अधिक दिसूं शकतो; म्हणजे सबंध चंद्रगोलाचा ५९% भाग केव्हां ना केव्हां तरी दिसूं शकतो. उरलेला ४१% मात्र दिसत नाहीं.

चंद्राचें वस्तुमान—

चंद्र हा पृथ्वीभोंवतीं फिरतो, आणि पृथ्वी सूर्याभोंवतीं फिरते असें आपण नेहमीं म्हणतों. पण वस्तुस्थिति अशी आहे कीं चंद्र आणि पृथ्वी हे दोघेहि आपल्या संयुक्त गुरुत्वमध्याभोंवतीं फिरतात आणि त्यांचा हा गुरुत्वमध्यबिंदूच सूर्याभोंवतीं विवृत्ताकृति मार्गानें प्रदक्षिणा घालीत राहातो. याचा परिणाम असा होतो कीं पृथ्वीवरून पाहणाराला सुमारें पंधरावडाभर सूर्य हा आपल्या सरासरी स्थानापासून १२″ पुढें चळलेला आणि पंधरवडाभर तो तितकाच मागें राहिलेला आढळतो. हें अंतर २८९५ मैलांचें असून एवढ्या त्रिज्येच्या वर्तुळांत पृथ्वी ही ह्या गुरुत्वमध्याभोंवतीं फेऱ्या घालीत असावी. म्हणजे मग ह्या गुरुत्वमध्यापासून पृथ्वीचें अंतर २८९५ मैल आणि चंद्राचें अंतर २३५९६२ मैल असलें पाहिजे. साहजिकच या प्रमाणांत चंद्राचें वस्तुमान येतें तें सुमारें १ : ८१·५ इतकें ठरतें. सूक्ष्म वेधावरून हें प्रमाण स्पेन्सर जोन्सनें १ : ८१·२७१ इतकें ठरविलें आहे.

चंद्राचें अंतर आणि त्याचा दृश्य व्यास मागें सांगितला आहे त्यावरून त्याचा प्रत्यक्ष व्यास २१६० मैल ठरतो.

चंद्राचा आकार पृथ्वीच्या $\frac{१}{४९}$ आहे. त्यावरून त्याची घनता पृथ्वीच्या ०·६ म्हणजे पाण्याच्या ३.३ पट येते. त्याच्या पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या $\frac{१}{६}$ असून त्याच्या पृष्ठभागावरील अणुरेणूंचा मोक्षवेग सेकंदाला सुमारें १$\frac{१}{२}$ मैल आहे.

वातावरणाचा अभाव—

चंद्राभोंवतीं वातावरण नाहीं असें अनुमान अनेक कारणामुळें काढावें लागतें. मागें एके ठिकाणीं ताऱ्यांच्या पिधानाचा उल्लेख केलेला आहे. हें पिधान घडतांना चंद्राच्या एका बाजूनें तारा चंद्राआड जातो तेव्हा तो हळूहळू मंदप्रभ न होता एकदम नाहींसा होतो आणि पुन्हा दिसतो तेव्हांही एकदमच दिसतो. वातावरण असतें तर असें घडलें नसतें. आपल्या पृथ्वीभोंवतालचें वातावरण हें एकप्रकारें उंदराच्या पिंजऱ्यासारखें आहे. सूर्याकडून जेव्हां पृथ्वीला तेज मिळतें तेव्हां त्यांतला लघु आयामाचा बराच मोठा भाग वातावरणातून आंत येऊं शकतो. पण पृथ्वीवरून परत जाणाऱ्या दीर्घ आयामाचा भाग मात्र वातावरणात थोडाफार शोषला जातो आणि वातावरणात बाष्प असेल तर हें शोषण विशेष घडतें. त्यामुळें पृथ्वीवरील तपमानांत दैनंदिन फेरफार सावकाशीनें होतात आणि त्याचा आवाकाही मर्यादित राहातो. चंद्रावरील तपमानांत किती झपाट्यानें फेरफार होऊं शकतात आणि कमाल किमान आवांकाही किती मोठा असतो हें पुढें सांगितलेंच आहे. चंद्रावरून ८—१० टक्क्यापेक्षा अधिक प्रकाशाचें परावर्तन घडत नाहीं. एवढें परावर्तन, साधारणतः, पृथ्वीवरील खडकापासून घडत असतें. वातावरण असेल आणि विशेषतः त्यात जलांश असेल तर हें परावर्तन ५०% हून अधिकच घडावयास हवें. दुर्बिणींतून चंद्राच्या पृष्ठभागावरील डोंगर, खळगे, दऱ्या इत्यादि अगदीं स्पष्टपणें दिसूं शकतात, सूर्यप्रकाशात छाया चंद्रपृष्ठावर पडलेली दिसते ती चांगली स्पष्ट रेखीव दिसते; थोडेंसेंही वातावरण असतें किंवा ढग असते तरी थोडी तरी अंधुकता आली असती. चंद्रावर अशा प्रकारचें वातावरण टिकून न राहण्याचें कारण असें कीं त्याच्या पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षणाचा प्रभाव एवढा तोकडा आहे कीं तेथील वायुरेणूंना कांहीं कारणामुळें सेकंदाला $१\frac{१}{२}$ मैलाहून थोडा जास्त वेग मिळाला कीं तो चंद्राला कायमचा सोडून

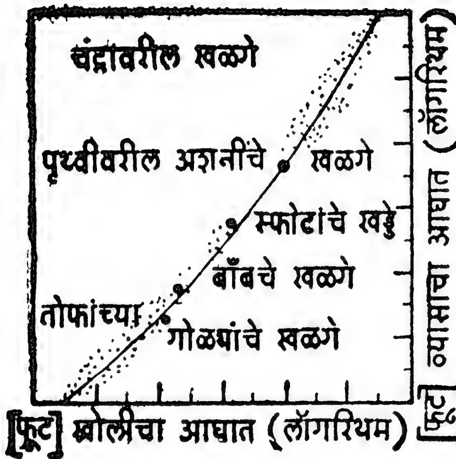
जाईल. चंद्राच्या जन्माचा उल्लेख पुढें यावयाचाच आहे. जन्मानंतरहि कांहीं काळ चंद्राचें तपमान हल्लींच्या मानानें कितीतरी पटीनें अधिक असेल त्यावेळीं अत्यंत अल्प अवकाशांत चंद्राचें वातावरण बहुधा उडून गेलें असेल असा कयास आहे.

पृष्ठभाग कसा दिसतो—

नुसत्या डोळ्यांनीं चंद्राकडे पाहिलें तरी त्यावरील डाग सहज दिसतात व त्याचा पृष्ठभाग दुर्बिणींतून न्याहाळून पाहिला म्हणजे त्यांची स्पष्ट कल्पना येऊं शकते. तो पूर्णपणें गुळगुळीत किंवा अगदीं साफ नसून त्याला बराच खडबडीतपणा असलेला दिसून येतो; त्यावर उंच डोंगर व सखल प्रदेश आढळतात. दुर्बिण उत्तम असेल तर त्यावरील सर्वांत आश्चर्यकारक देवीच्या व्रणाप्रमाणें दिसणारे गोल आकाराचे जे अनेक चट्टे आहेत ते दिसून येतात. या बाबतींत एक मत असें आहे कीं हे खड्डे मृत वा सुप्त ज्वालामुखींचीं तोंडेंच होत. कांहीं खड्डे असे बनलेले असतीलही. दुसरें एक मत प्रचलित आहे तें असें कीं चंद्राचा पृष्ठभाग पुरेसा घन झाल्यानंतर त्यावर जे अधून मधून अशनि पडले असतील त्यामुळें हे खड्डे निर्माण झाले असावेत. याला बऱ्याच गोष्टींचा आधारही सांपडला आहे. एक तर पुष्कळशा खळग्यांची मधली जागा पृष्ठभागाच्या बरीच खालीं गेलेली आढळते; एवढेंच नव्हें तर त्याच्या कडेवरील ढीग आत टाकिल्यास ते भरून निघतील असा अंदाजहि चाळीस पन्नास वर्षांपूर्वींच केलेला आहे. दुसरा मुद्दा असा कीं सभोंवतालच्या ढिगांचा उतार फारच कमी म्हणजे १ ते ८ अंशांपर्यंतच आहे; व ज्वालामुखीच्या तोंडांतून निघणारा तप्त रस, हा उतार ३० अंशांपेक्षां कमी असेल तर, वाहूंच शकत नाहीं. तिसरा मुद्दा असा कीं मुद्दाम पाडलेल्या अनेक खळग्यांची मोजमापें घेऊन जर आलेख काढले तर ते एकाच आलेखाचे निरनिराळे

भाग आहेत किंवा ते एकमेकांला पूरक आहेत असें आढळून येतें. यावरून अर्थात् या सर्व खळग्यांच्या निर्मितीच्या मागील क्रिया एकाच विशिष्ट तत्त्वानुसार होणारी असावी असा निष्कर्ष काढतां येतो. चंद्रावरील हे गोल आकाराचे खळगे त्यावरील अशनिपातामुळेंच झालेले असावेत असें म्हणण्यास हरकत नाहीं.

या 'अशनिपात' कल्पनेविरुद्ध असणाऱ्या लोकांचे आक्षेप आहेत ते असे कीं (१) हे 'अशनिपात' एकटया चंद्राच्याच वांटयाला एवढ्या मोठ्या प्रमाणांत कां आले? पृथ्वीवर देखील असेच मोठे अशनि मोठ्या प्रमाणांत पडले असतील आणि वातावरण, स्थानिक फेरफार, इत्यादिकांमुळें त्यांचा मागमूस नाहीं म्हणावें तर प्राचीन खडकांच्या अतरंगांतहि त्यांच्या खाणाखुणा कां मिळत नाहींत? (२) चंद्रावरचे खड्डे अशा स्वरूपाचेच विशेषें-



आकृति नं. १६
[चंद्रावरील खड्डे]

करून आढळतात कीं जणूं काय बहुतेक अशनि केवळ लंबरेषेंतच चंद्रावर जाऊन आदळले. तिरप्या मार्गानें कांहीं आले नसतील? (३) एकंदर सुमारें ३०,००० खड्डे मोजले गेले आहेत. त्यांतल्या फक्त एकटया-चाच व्यास १४० मैलांचा आहे. बहुतेक सर्व खड्डे लहान लहान आकारांचे आहेत. कांहीं विवक्षित आकाराच्या खड्ड्यांच्या केंद्राशींच फक्त डोंगराचा एखादा उंच सुळका आढळतो. खड्ड्यांचे आकार आणि त्यांची संख्या यांचा एखादा सुसूत्र आलेख येत नाहीं. खळग्यांची तिप्पट संख्या

दक्षिणगोलार्धात आणि एकपटच उत्तर गोलार्धात आढळते. सरासरी २१ मैलांपेक्षां मोठ्या व्यासाचा एकही खळगा उत्तरगोलार्धात आढळत नाहीं. यांची उपपत्ति कशी लावावयाची ?

या खड्डयांच्या बाबतींत तिसरी कल्पना सुचविली गेली आहे ती अशी कीं रटरटत्या पिठल्यांतून बुडबुडे निघतात, त्याप्रमाणें चंद्राचा पृष्ठभाग कांहींसा द्रवावस्थेंत असून थंडावत असेल तेव्हां त्याच्या अंतरंगांतून बाहेर पडणाऱ्या वायूमुळें बुडबुडे बनले असतलि, दाबामुळें फुटले असतील व ते निवाल्यावर त्यांचेच हे वाटोळ्या भिंतींचे खळगे बनले असतील. तसेंच पृष्ठभाग निवत असतांना कांहीं ठिकाणीं ज्वालामुखीही बनले असतील.

चवथा एक मतपर्याय आहे तो असा. वरीलप्रमाणें निवण्याची क्रिया चालू असतांना पृथ्वीच्या आकर्षणामुळें चंद्रपृष्ठावर जी ओहटी-भरती घडेल तिच्यामुळें पृष्ठभागावर ज्या ज्या ठिकाणीं नाजूक जागा असतील त्या त्या ठिकाणीं ताण पडून त्या दुभंगतील आणि आंतून तप्तरस बाहेर येऊन तो निवाल्यावर खळगे वगैरे बनले असतील.

वरीलपैकीं कोणतेंही एकच मत सर्वत्र लागू पडत नाहीं. सर्वांचाच थोडथोडा ग्राह्यांश परिस्थितीच्या निदर्शनाकरितां घ्यावा लागेल.

चंद्राच्या पृष्ठभागावर जसे हे लहान लहान खळगे आढळतात, तद्वतच कांहीं ठिकाणीं सपाट, विस्तीर्ण प्रदेशहि आढळतात. यांनाच पूर्वी 'समुद्र' म्हणत असत. पण ते अगदीं कोरडे असून बहुधा इतर प्रदेशाच्यामानानें सपाट असावेत. चंद्राच्या कांहीं भागावर, भूकंपामुळें पडतात तशा भेगा आढळतात. पौर्णिमेच्या चंद्राकडे पाहिल्यास तेथें दुसराहि एक विशेष आढळतो. तो असा कीं कांहीं खळग्यांच्या चहूंवार किंचित् तेजस्वी फराटे दिसतात. त्यांच्या आजूबाजूला त्यांची छाया आढळत नाहीं. त्या अर्थी पृष्ठभागावरच्याच द्रव्यविशेषांतून हा आविष्कार घडत असावा. या बाबतींत

प्रिन्स्टन वेधशाळेतील स्टेवर्ड आणि बूएल यांनीं कांहीं प्रयोग करून असा निष्कर्ष काढला आहे कीं खडकाचा भुगा करून तो खडबडीत खडकावर विखुरला म्हणजे त्यावरून याचप्रकारचें प्रकाशपरावर्तन घडतें. म्हणून ज्या ज्या ठिकाणीं अशा किरणशलाका चंद्राच्या पृष्ठभागावर दिसतात त्या त्या ठिकाणीं उल्कांची पूड किंवा अंतस्फोटादिकांमुळें पसरलेला खडकांचा भुगा पसरलेला असावा.

पृष्ठभागावरील तपमान—

चंद्र हा स्वयंप्रकाशित नाहीं हें आपणांस माहीत आहेच. ज्याप्रमाणें एखाद्या पांढऱ्या भिंतीवर पडलेला प्रकाश सर्व दिशांना परावर्तित होतो त्याप्रमाणें चंद्रावर पडत असलेला सूर्यप्रकाश परावर्तन पावतो व त्यामुळें तो आपल्याला दिसतो; हे अर्थात् साधें वर्णन होय. पण या संबंधांत दोन महत्त्वाच्या गोष्टी ध्यानांत ठेवावयास पाहिजेत. पहिली अशी कीं चंद्रावर पडलेला बहुतेक सर्व सूर्यप्रकाश (९२% चे वर) त्याच्या पृष्ठभागांत शोषला जातो; व फक्त ७–८% च परावर्तित केला जातो. यामुळें त्याच्या पृष्ठभागाचें उष्णतामान खूपच वाढतें व शोषिलेली शक्ति धगीच्या रूपानें फेकिली जाऊं लागते. चंद्रावर होणाऱ्या या शक्तीच्या देवघेवीची कल्पना पुढील कोष्टकावरून स्पष्ट होईल.

सूर्यप्रकाशाचें चंद्रप्रकाशांत रूपांतर

	सूर्यप्रकाश	चंद्रप्रकाश
अतिनील प्रकाश ……	१० ……	१
दृश्य प्रकाश ……	४६ ……	५
अतिरक्त प्रकाश ……	४४ ……	६
दीर्घ तरंगायामाची उष्णता……	० ……	८८

चंद्रावरून येणाऱ्या एकंदर प्रारणाचें मापन करण्यासाठीं योजिलेलें यंत्र अत्यंत नाजूक असतें. बिस्मथची एक व ५% कथिल मिश्रित बिस्मथची दुसरी तार घेऊन त्याचा एक सांधा बनवून तो एका निर्वात डबींत अधांतरीं ठेवितात. डबीच्या वरच्या बाजूला रॉकसॉल्टची (खनिज क्षाराची) पातळ पट्टी बसविलेली असते व तिच्यांतून सांध्यावर प्रकाश पडला म्हणजे त्या तारांतून सूक्ष्म विद्युत्प्रवाह सुरू होतो. या दोन तारांचें एकंदर वजन $\frac{१}{१०}$ मिलिग्रामपेक्षाही कमी असतें एवढें सांगितलें म्हणजे याच्या नाजूकपणाची कल्पना येईल. चंद्राच्या कोणत्याहि एका भागावरून येणारा व दुर्बिणीच्या सहाय्यानें गोळा केलेला सर्व प्रकाश या यंत्रावर टाकला म्हणजे बराच मोठा विद्युत्प्रवाह उत्पन्न होतो व तो अचूकपणें मोजला म्हणजे त्या प्रारण-शक्तीची कल्पना येते. त्यावरून असें म्हणतां येतें कीं येथील उष्णतामान उकळत्या पाण्याहून अधिक असतें व परिघाच्या जवळपास द्रवरूप हवेच्या इतकें तें कमी दिसून येतें. आपल्याला मानवेल असें उष्णता-मान फक्त एका बारीक पट्टयांतच आहे असें आढळतें. तसा हिशेब केला तर आढळून येईल कीं सूर्यापासून आपल्याला अवघ्या १०—१२ सेकंदांत जेवढी शक्ति, उष्णता व प्रकाश यारूपानें मिळते तेवढी चंद्रापासून मिळावयास एक सबंध वर्षही पुरें पडत नाहीं! चंद्राचा पृष्ठभाग राखे-सारख्या मुरमाड मातीचा असून तो उष्णतेला अवाहक असा आहे. त्याच-प्रमाणें त्याची उष्णताधारणशक्तीही कमीच आहे. शिवाय चंद्राला हवेचें—विशेषतः पाण्याची वाफ असलेलें—वातावरण नसल्याकारणानें त्याचा पृष्ठभाग तत्काळ तापतो व तत्काळ थंड होतो. एका चंद्रग्रहणांत त्याच्या पृष्ठभागाचे अशा तऱ्हेनें वेध घेण्यांत आले. त्यावेळीं त्यावरील सूर्यप्रकाश पृथ्वीनें अडविल्याबरोबर तेथील उष्णतामान ७०° शतमाना-वरून एकदम ८०° शतमानावर घसरलें! इतर वेळींसुद्धां ज्या भागावर

सूर्याचे किरण पोंचत नाहींत येथील उष्णतामान हवा द्रवरूप होईल इतकें कमी असतें, असें आढळून आलें आहे.

चंद्रप्रभाव—

चंद्र फार लहान असल्यानें व पृथ्वीच्या अगदीं जवळ असल्याकारणानें त्याचा सर्व प्रभाव फक्त पृथ्वीवरच झालेला दिसून येतो. हा प्रभाव मुख्यतः तीन प्रकारचा आहे. एक त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचा, दुसरा त्याच्या चुंबकीयत्वाचा आणि तिसरा सूर्यग्रहणाच्या वेळीं त्याच्या छायेचा. अर्थात् हा शेवटल्या प्रकारचा प्रभाव अगदीं क्षणभंगुर आणि क्वचित्काळीं घडून येणारा, पण ज्योतिःशास्त्राच्या दृष्टीनें अत्यंत महत्त्वाचा होय. येथें पहिले दोन एका मागून एक थोडक्यांत पाहूं. चंद्राच्या गुरुत्वाकर्षणानें पृथ्वीवर भरती ओहटीचा आश्चर्यकारक व मनोरंजक परिणाम घडून येतो. या एकाच बाबतींत सूर्यप्रभावापेक्षां चंद्रप्रभावच पृथ्वीवर अत्यंत वरचढ ठरतो. चंद्राचें वस्तुमान सूर्याच्या वस्तुमानापुढें अगदीं क्षुल्लक आहे. तरी पण तो पृथ्वीच्या अगदीं जवळ असल्यानें त्याच्या आकर्षणाचा प्रभाव अधिक ठरतो. चंद्रोदयाप्रमाणेंच भरती ओहटीचें कालचक्रसुद्धां रोज अदमासें पाऊण तास उशीरां उशीरां येत असतें. कोणत्याहि ठिकाणीं दिवसांतून दोन वेळां भरती व दोन वेळां ओहटी आलटून पालटून येत असते. पौर्णिमा नि अमावास्येच्या भरती ओहटी कमालीच्या असतात. पण कोणत्याहि ठिकाणीं समुद्राच्या पृष्ठभागाच्या पातळींत पडणारा फरक इतरही कांहीं गोष्टीवर म्हणजे समुद्राची खोली, किनाऱ्याचा आकार, इत्यादीवर अवलंबून असतो. उत्तर अमेरिकेंतील फंडीच्या उपसागरांत भरतीचें पाणी ओहटीचें पाण्यापेक्षां ५०–६० फूट तरी चढतें; त्याच्या उलट इतर कित्येक ठिकाणीं हा फरक अवघ्या २–४ फुटांचाच असतो. भरती ओहटीच्या वेळा व जोर यांचें ज्ञान फार वर्षांपासून आपल्याला

अवगत झालें आहे. समुद्रांतील भरती ओहटीसंबंधींचीच मापनें घेतलेलीं आहेत असें नव्हे तर अगदीं लहान जलाशयांतीलसुद्धां सूक्ष्म मापनावरून भरती ओहटीचे परिणाम उघडकीस आलेले आहेत. जातां जातां एक गोष्ट सांगावीशीं वाटते ती अशी कीं अमेरिकेंत वॉशिंग्टन येथें एक यांत्रिक मनुष्य बसविला आहे. त्याला विचारलें कीं तो जगांतील कोणत्याहि बंदरांतील पुढच्या व मागच्या शें दोनशें वर्षांतील कोणत्याहि दिवशींची भरती ओहटीची वेळ आणि जोर किती असेल तें ताबडतोब व अचूक सांगतो ! भरती ओहटींची आकडेमोड करून आलेख दाखविणारीं खास गणन यंत्रेंहि बनविलीं गेलीं आहेत. एवढेंच नव्हे तर पृथ्वीच्या घन कवचांमध्येंसुद्धां अचूक मापनामुळें ९ इंचापर्यंत घडून आलेली भरती ओहटी नजरेस आली आहे.

यानंतर अलिकडे आणखी एक महत्त्वाची नवीनच गोष्ट उघडकीस आली आहे. पृथ्वीचें वातावरण हा एक हवेचा समुद्रच होय व आपण त्याच्या तळाशीं राहतों. वातावरण अर्थात्‌च चंद्रसूर्यांच्या गुरुत्वाकर्षणानें ओढलें जाऊन त्यांतही भरती ओहटी येणारच. समुद्राला जसा वरचा पृष्ठभाग आहे तसा मात्र सुस्पष्ट पृष्ठभाग वातावरणाला नसल्याकारणानें त्याची भरती ओहटी त्याच्या वरखालीं जाण्यानें कशी समजणार? म्हणून वातावरणांतलि भरती ओहटी आपल्या डोक्यावर असलेला हवेच्या थराचा एकंदर भार किती कमी जास्त झाला आहे हें पाहूनच ठरविली जाते. यासाठीं उपयोगांत असलेला हवेचा ‘ भारमापक ’ अनेकांनीं शाळा कॉलेजांतून पाहिलेला असतो, त्याच्या सहाय्यानें मापन केल्यावर असें आढळतें कीं समुद्राप्रमाणेंच वातावरणांतहि रोज दोन वेळां भरती व दोन वेळा ओहटी येत असते व तीहि चंद्रानुवर्ती वेळेनुसार येत असल्यामुळें तो चंद्राचाच मुख्यतः प्रभाव आहे असें मानिलें जातें. हें निश्चित करण्याचें

काम प्रायोगिकदृष्ट्या मात्र अत्यंत कठीण असतें; कारण वातावरणावर चंद्र-प्रभावाशिवाय इतर कित्येक परिणाम सतत घडून येत असतात व त्यांना निराळे बाजूला काढून मगच ही गोष्ट दृष्टोत्पत्तीस येते.

चंद्राचा दुसरा प्रभाव चुंबकीय क्षेत्रावर होतो. पृथ्वीप्रमाणेंच सूर्य व चंद्र हेहि मोठाले चुंबक होत, असें सिद्ध झालें आहे. चंद्राच्या चुंबकीय क्षेत्राचा पृथ्वीवर होणारा परिणाम सूर्याच्या परिणामाच्या अदमासें १/१२ इतका कमी आहे. हा इतर परिणामांमध्यें तितकासा लक्षांत येत नाहीं तथापि तो लक्षांत घेण्याइतका महत्त्वाचा व म्हणून अभ्यसनीय खास आहे. पृथ्वीवर कोणत्याहि ठिकाणीं या क्षेत्राचा परिणाम दिवसांतून दोनदां कमालीचा व दोनदा किमान होत असतो. चुंबकीय क्षेत्राचा हा परिणाम दाखविण्याच्या दोनच विशेष उद्बोधक पद्धति आहेत. पृथ्वीच्याच वातावरणातील कांहीं थरांत विद्युत्कणांची संख्या खूपच असते त्यांना दलावरणें म्हणतात. येथील वारा (म्हणजेच हवेचा प्रवाह) हा साहजिकच विद्युत्कणांचा प्रवाह म्हणजे विद्युतत्प्रवाहच होय. अशा प्रवाहामुळें चुंबकीय क्षेत्र निर्माण होतें. व त्याचा चुंबकीय परिणाम आपल्याला जमिनी-लगत स्पष्ट दिसून येतो. आपल्याला क्षणभर असेंहि समजतां येईल कीं, सूर्याच्या व चंद्राच्या चुंबक क्षेत्राचा उगम त्यांच्या ठिकाणीं होत नसून आपल्या पृथ्वीच्या उच्च वातावरणांतच अशा प्रवाहांमुळें उत्पन्न झाला आहे. म्हणजे या प्रवाहांच्या मानावरून त्यांच्या चुंबकीय क्षेत्राची कल्पना करावयास आपल्याला सोपें जातें. मार्च किंवा सप्टेंबरमध्यें अमावास्येला दुपारीं बारा वाजतां म्हणजे सूर्य चंद्र दोघेहि डोक्यावर आले असतां सूर्याच्या चुंबकीय क्षेत्राचा जोर दलावरणांतील ६० हजार ऑम्पेअर प्रवाहानें व चंद्राच्या चुंबकीय क्षेत्राचा जोर ५ हजार ऑम्पेअरनें दर्शविला जाईल ! तोच जून महिन्यांत अनुक्रमें ९० हजार आणि ११ हजार

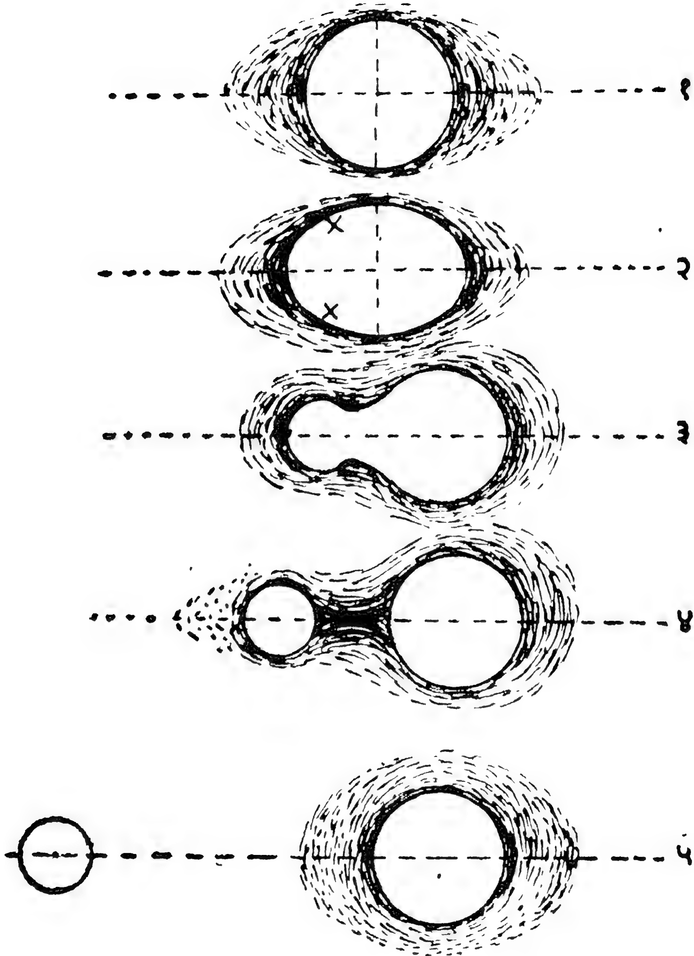
ॲम्पेअरनें दर्शविला जाईल ! चंद्राच्या चुंबकीय क्षेत्राचा परिणाम सूर्याचा प्रकाश वातावरणावर पडत असला म्हणजेच अधिक प्रकर्षानें दिसून येतो. यावरून असें अनुमान काढतां येईल कीं चंद्राच्या चुंबकीय क्षेत्राच्या परिणामापेक्षां त्याच्या गुरुत्वाकर्षणाचाच परिणाम याला अधिक कारणीभूत होय.

चंद्रजन्मकथा—

ज्योतिःशास्त्रांतील एक फार महत्त्वाचा प्रश्न म्हणजे सूर्यमाला कशी निर्माण झाली हा होय. अर्थात् या प्रश्नाबरोबर दुसरे तितक्याच महत्त्वाचे प्रश्नही उद्भवतात. त्या सर्वांचीं उत्तरें निरनिराळीं असलीं तरी त्यांचा एकमेकांशीं ज्योतिःशास्त्राच्या दृष्टीनें अत्यंत निकटचा संबंध आहे. ते प्रश्न असे—सूर्य कसा व केव्हां निर्माण झाला असावा ? त्याचेभोंवती फिरणाऱ्या ग्रहांची उत्पत्ति केव्हां व कशी झाली असावी ? ग्रहाभोंवतीं फिरणारे उपग्रह केव्हां व कसे निर्माण झाले ? शनीची कडीं कशीं निर्माण झालीं असावीं ? या सर्वांचा काल एकच, कां निरनिराळ्या वेळीं या घटना घडून आल्या ? अर्थात् प्रस्तुत ठिकाणीं फक्त चंद्रजन्म कसा व केव्हां झाला असावा या संबंधींचाच विचार करावयाचा आहे. आजच्या माहितीनुसार व विचारसरणीनुसार सूर्यमालेची जन्मकथा किंवा शनीच्या वलयाची जन्मकथा आपल्या चंद्राच्या जन्मकथेहून फारच भिन्न आहे; एवढेंच नव्हे तर इतर ग्रहांच्या व त्यांच्या उपग्रहाच्याहूनहि ती फार भिन्न आहे असें मानण्यास बरींच सबळ कारणें आहेत. एक तर तो पृथ्वीचा एकुलता एक उपग्रह आहे. बाकीच्या ग्रहांपैकीं कोणाला दोन तर कोणाला पांच तर कोणाला नऊ व अकरासुद्धां उपग्रह आहेत. तिघांना तर मुळींच नाहींत ! पण याहून महत्त्वाचा दुसरा मुद्दा असा कीं आपला चंद्र पृथ्वीच्या मानानें फार मोठा आहे. इतरांचे उपग्रह चंद्राहून मोठे नाहींत असें नाहीं, पण त्या त्या ग्रहांच्या मानानें ते फारच

लहान आहेत. तिसरा मुद्दा असा कीं चंद्र आपली एकच बाजू नेहमीं पृथ्वीकडे वळवून तिच्याभोंवतीं फिरत असतो. अधिक अचूक बोलावयाचें तर त्याचा अर्ध्याहून अधिकांत अधिक फक्त १० टक्केच भाग आपणांस दिसूं शकतो. चौथा मुद्दा असा कीं त्याची घनता (३·४ ग्राम) पृथ्वीच्या वरच्या कवचातील द्रव्याच्या घनतेशीं बरीच जुळते. याशिवाय इतरहि लहानसान मुद्दे आहेतच. या सर्वांना जुळणारी त्याच्या जन्माची कथा थोडक्यांत अशीः—फार फार पूर्वी, पृथ्वी ज्यावेळीं साधारण द्रवावस्थेंत होती व तिच्या पृष्ठभागावर साईसारखें एक पातळ कवच प्रथमच निर्माण झालें होतें अशावेळीं, पृथ्वी एकटीच होती; म्हणजे तिला एकहि उपग्रह नव्हता. त्याकाळीं सूर्याच्या एकट्याच्याच आकर्षणामुळें तिच्यांत भरती ओहटीचा चमत्कार चालूच होता. साय जमल्यानंतर या भरती ओहटीचा परिणाम फार झाला; पृथ्वीच्या वस्तुमानाला व आकाराला अनुरूप असा तिचा आंदोलनाचा काल आणि भरती ओहटीचा नियतकाल जवळ जवळ सारखे झाले व भरतीच्या लाटेला सीमाच उरली नाहीं. तिच्या स्वतःच्याभोंवतीं गरगर फिरण्याच्या गतीमुळें दिवसेंदिवस जशी ही भरतीची लाट हळूं हळूं वाढत गेली तसा त्या गोलाला किंचित् चपटा आकार येऊं लागला. त्याच्या गरगर फिरण्यामुळें केंद्रोत्सर्गी प्रेरक अधिकाधिक वाढत जाऊन अखेर गुरुत्त्वाकर्षणापेक्षां व पृष्ठभागांवरील साईच्या ताकदीपेक्षां तो अधिक झाला आणि लवकरच मोठ्या गोलाचे एक लहान व एक मोठा दोन तुकडे झाले; ते दोन्ही भाग द्रवरूप असल्याकारणानें परत गोलाकार होऊन एकमेकांपासून दूर जाऊं लागले; मूळची फिरण्याची चक्राकार गतीहि त्यांत विभागली गेल्यामुळें कांहीं अंतर दूर सरकल्यावर मोठ्या गोलाच्या आकर्षणक्षेत्राच्या फारसा बाहेर लहान गोल जाऊं शकला नाहीं व तेथेंच तो मोठ्या गोलाभोंवती फिरत राहिला. हेंच ते आपले परिचित गोल पृथ्वी व चंद्र. एवढी मोठी घडामोड मात्र थोडक्या

अवधींत झाली असली पाहिजे. त्यामुळें उद्भवलेल्या कांहीं मोठ्या खाणाखुणा न बुजल्याकारणानें आजहि आपणांस दिसत आहेत. चंद्राचें द्रव्य



[आकृति नं. १७—चंद्राची जन्मकथा.]

ज्या बाजूनें पृथ्वीपासून अलग झालें ती बाजू आपणांस पासिफिक महासागराच्या खोल खड्ड्याच्या रूपांत दिसत आहे. नंतर अशा मोठ्या खड्ड्यांतच पृथ्वीवरील पुष्कळ पाणी सांचल्याकारणानें इतर बराच मोठा

भाग उघडा पडला व त्यांतून खंडें बनलीं आहेत. नाहीं तर आजच्या उंच उंच पठारांचीं व पर्वत शिखरांचीं तेवढीं सर्वत्र पसरलेल्या महासागरांत छोटीं छोटीं बेटेंच बेटें दृष्टीस पडलीं असतीं. चंद्राचीसुद्धां आपल्याला एकच बाजू दिसत आहे. हीहि त्या घटनेचीच एक खूण होय, असें कांहींचें म्हणणें आहे. चंद्राचें वस्तुमान बरेंच कमी असल्यामुळें त्याची गुरुत्वाकर्षणशक्ति कमी पडून त्याचें वातावरण पार निसटून गेलें. शिवाय पृथ्वीकडे सतत तीच बाजू वळवून तिच्याभोंवतीं फिरूं लागल्यामुळें त्याच्या अर्धगोलावर सूर्याच्या उन्हाचा मारा सतत १४॥ दिवस होऊं लागला व तितकेच दिवस दुसरा अर्धगोल सतत अंधःकारांत राहूं लागला. एकीकडे कडक उन्हाचा मारा तर दुसरीकडे कडक थंडी उद्भवूं लागली, त्यामुळेंच तो कोरडा व रुक्ष बनला आहे !

चंद्रलोकः—

चंद्रलोकावर जाण्याची जर कोणाला इच्छा झाली तर त्याला निक्षून सांगावें लागेल कीं, बाबारे ! त्यावर जाण्याच्या भरीस मुळींच पडूं नकोस. त्यानें एका मागून एक अशा दोन हिमालयाहून मोठ्या-चुका केल्या आहेत ! आणि म्हणूनच चंद्रलोकावर कोणाही जाण्याची फार इच्छा करूं नये. पहिली चूक अशी कीं, पृथ्वीशी भांडून सवता सुभा मागून तो स्वतंत्र झाला आणि मग ही चूक लक्षांत आल्यावर सतत तिच्याकडे तोंड वळवून तिच्याभोंवतीं घिरट्या घालूं लागला ! या जगांत फार मोठेंहि होऊं नये व फार दूरहि राहूं नये असें म्हणतात; त्याचप्रमाणें कोणीहि कोणाच्या फार जवळ जाऊं नये व फार दूरहि राहूं नये ! ह्या गोष्टी फक्त आपल्या पृथ्वीलाच पूर्णपणें अवगत झाल्या आहेत; तिनेंच हा सुवर्णमध्य गांठला आहे. बुधाप्रमाणें ती सूर्याच्या फार जवळ जाऊन भाजून निघालेली नाहीं व प्लूटोप्रमाणें अतिशय दूर जाऊन गोठलेली नाहीं ! ती बुधा-

प्रमाणें फार लहानहि नाहीं व गुरुप्रमाणें फार मोठीहि नाहीं; त्यामुळेंच तिला या कर्तृत्ववान् मानवाचें मातृत्व मिळवतां आलें आहे. चंद्राकडे पहा; तो पृथ्वीचा एक भाग होता तेव्हां ठीक होतें; पण आतां निराळा झाल्याबरोबर त्याच्या कमजोरपणामुळें त्याचें सर्वच्या सर्व वातावरण निसटून गेलें ! व सूर्याच्या प्रखर तेजापासून स्वतःचें रक्षण करता येईनासें झालें. पृथ्वीकडे तरी सतत तोंड फिरवून बसण्याची तरी जरूरी काय होती ? स्वतः-भोंवतीं शीघ्रगतीनें फिरत असता तरी चाललें असतें. पण आज तेंहि करीत नाहीं, म्हणून त्याची एक बाजू सतत १५ दिवस भाजून निघते तर दुसरी पूर्ण गारठून जात आहे !! वातावरणाचें पांघरूण नाहीं म्हणजे केवढें दुर्दैव. त्यामुळें कोणकोणते अनर्थ ओढवतात हें जर पहावयाचें असेल तर त्यानें चंद्रलोकावर जाऊन यावें; आणि मगच कळून येतील आपल्या पृथ्वीच्या वातावरणाचे अनंत उपकार !!! चंद्रावर जाण्याचा निश्चय केला तरी आपल्या मार्गांत असंख्य अडचणी उभ्या आहेतच. पृथ्वी व चंद्र यांच्या दरम्यान मुळींच हवा नसल्याकारणानें पंख्यानें हाकारलें जाणारें विमान उपयोगी पडणार नाहीं ही पहिली अडचण. पृथ्वीच्या आकर्षणांतून जाण्या-साठीं आपलें वाहन जमिनीवरून उडतांना सेकंदाला ७ मैलाच्या वरच वेगानें निघालें पाहिजे ! हा वेग बंदुकीच्या गोळीच्या वेगाहून अधिक आहे ! तेव्हां यासाठीं अग्निबाणांतच बसून हा प्रवास करावा लागेल. पुढें तेथें पोंचल्यावर दिवस असेल तर उन्हानें भाजून निघावें लागेल. तेथील उष्णतामान उकळत्या पाण्याच्या इतकें तरी असतेंच; तेव्हां आपलें रक्तहि उकळूं लागेल कदाचित् ! बरें, रात्र असली तर अशा कडाक्याची थंडी अनुभवावयास मिळेल कीं मनुष्य अक्षरशः गोठून जाईल ! येथल्याप्रमाणें आपल्या शरीरावर वातावरणाचा दाब तेथें असणार नाहीं; याचाहि परिणाम भयंकर होईल. आपल्या नाकाकानातून रक्त वाहूं लागेल किंवा आपण

रबरी फुग्याप्रमाणें फट्‌टदिशीं फुटूनहि जाऊं! यावर इलाज म्हणून कांहीं खास हवेच्या दाबासारखे दाब शरीरावर पाडणारे कपडे जरी नेले तरी श्वासोच्छ्वासासाठीं आपल्याला येथूनच हवेचा भरपूर सांठा बरोबर न्यावा लागेल. डोळ्याला उत्तम काळा चष्मा बसवावा लागेल, कारण सूर्यप्रकाश अत्यंत प्रखर व शिवाय त्यांतील अतिनील किरणांमुळें आपण आंधळे होण्याचा अत्यंत मोठा धोका. शरीराचा उघडा भागहि त्यामुळें भाजून निघण्याची भीति आहे. या सर्वांचें निवारण करणें कदाचित् सोपें जाईल पण याहून आणखी निराळीच एक आपत्ति येऊन कोसळेल. ती म्हणजे आपल्या अंगावर व आसपास अधून मधून बारीक वाळुकणांचा व लहान मोठ्या दगडांचा नुसता वर्षाव झालेला आढळून येईल. एखादा लहान दगडहि पुरे आहे तेथें एखाद्याचें मरण ओढवण्यास! ते दगड म्हणजे तेथें पडणारे अशनि होत आणि वातावरणाचे अभावीं ते जोरांत येऊन आदळणार हें उघडच आहे. एवढ्या सगळ्यांचें निवारण करूनही आपण कदाचित् चंद्रलोकावर संचार करूं लागलों तरी आपल्याला कोठेंहि पाण्याचा थेंबसुद्धां दिसणार नाहीं. मग नद्या, नाले, सरोवरें, सागर कोठले? आणि ढग, वारा, पाऊस तरी कोठला? पाण्याच्या आणि हवेच्या अभावीं येथें कोणतेंच जीवन नाहीं! तेथें हवामानाचीं (!) दोनच कायमचीं भविष्यें उरतील:—दिवसाचें भविष्य "संपूर्ण उघाड आणि कडाक्याचें ऊन" आणि रात्रीचें भविष्य "उघाडी व कडाक्याची थंडी". अशनि-तापांमुळें आणि भूकंपासारख्या अंतःस्फोटांमुळें कांहीं फेरफार घडतील ते वगळल्यास तेथील डोंगर, पर्वत शतकानुशतकें, न झिजतां, कदाचित "यावत् पृथिवीदिवाकरौ" कायम टिकून राहतील. काळ्याकुट्ट आकाशांत रात्रंदिवस आपणाला चकचकीत चांदण्या दिसतील; त्या लुकलुकणार नाहींत. सूर्याचा संधिप्रकाश नाहीं, ढग नाहींत, मग नयनमनोहर अस्तोदयाचें

सृष्टिसौंदर्य तरी कोठून निर्माण होणार ! ! ! बरें, अशा निर्जन, निर्जीव आणि रुक्ष चंद्रलोकांत राहावयाचेंच म्हटलें तरी आणखी एक आपत्ति आहेच. जेथें हवा नाहीं, वातावरण नाहीं, तेथें वारा तर नाहींच पण ध्वनीहि नाहीं ! जेथें साधा शब्द कानीं येण्याची मारामार, तेथें सुंदर रागदारी संगीत, काव्यगायन अथवा सुश्राव्य भाषण तरी कोठून कानीं पडणार ! ! एक-मेकांशीं खुणांनींच मुक्यांसारखे व्यवहार करावे लागतील. या सर्व आपत्तींनाहि तोंड देण्याची व चंद्रलोकावर स्वारी करण्याची आपण तयारी दाखविली तर पृथ्वीवरचे आजचे ज्योतिर्विद आपल्या अजस्र दुर्बिणी रोखून धरण्यास आणि आपली हालचाल पाहाण्यास सिद्ध आहेतच. अमेरिकेंत नवीन उभारलेली २००" व्यासाच्या आरशाची दुर्बिण या कामीं फारच उपयुक्त ठरेल. कारण तिच्यांतून पाहिलें तर चंद्र अवघ्या २५ मैलांवर उभा आहे असें दिसेल ! आणि चंद्रलोकावर जाऊन कोणी क्रिकेट खेळूं लागलें तरी या दुर्बिणींतून चंद्रावरचे फलंदाज आणि गोलंदाज अलग अलग असें सहज दिसून येतील ! असो.

समारोप—

तात्पर्य, आपले पाय येथेंच जमिनीला टेकलें आहेत तेंच बरें आहे ! आपणा मनुष्यमात्रांचा पृथ्वी हाच खरा स्वर्ग होय ! ! आणि हेंहि ध्यानांत ठेवण्याजोगें आहे कीं चंद्रलोक निर्माण झाला म्हणूनच पृथ्वीवर जीवाच्या जलद प्रगतीला जमिनीचा आधार मिळाला ! आणि म्हणूनच आपण सूर्याचेंच नव्हे तर चंद्राचेंहि अत्यंत ऋणी असलें पाहिजे !

मंगळ, पृथ्वीचा जोडीदार : ६

प्रास्ताविक

१९४९ साली गाजलेली अनिष्ट आणि अमंगल अशी शनिमंगळ युति अनेकांच्या स्मरणांत असेल आणि युति संपली तेव्हां अनेकांना हायसेंही वाटलें असेल. कारण फलज्योतिषी ह्या क्रूर ग्रहांच्या युतीला फारच महत्त्व देत असतात. एरव्हींसुद्धा त्यांच्या दृष्टीनें कुंडलींत मंगळाला अतिशय मान दिला जातो. एकाद्या व्यक्तीला मंगळ आहे असें कळलें कीं, त्याचें शुभमंगल लांबलेंच म्हणून समजावें. स्त्रियांच्या बाबतींत तर मंगळ व मंगळसूत्र यांचा घनिष्ट संबंध दिसतो. त्यामुळें कृतीनें अमंगळ आणि अभद्र अशा या ग्रहाला 'मंगळ' हें नांव पडलें तरी कसें असा प्रश्न पडतो. यालाच अंगारक, कुज, भौम, लोहित, आणि महीसुत अशींही लौकिक नावें असून फलज्योतिषांत वक्र, क्रूरदृक्, अवनेय आणि आर या नांवांनीं त्यास ओळखतात. पुराणांतरी दोन तीन मनोरंजक कथाही सांपडतात; त्या सर्वांचें सार एकच कीं, मंगळ हा पृथ्वीचा पुत्र आहे व म्हणूनच त्यास भूमिपुत्र असें म्हटलें जातें.

आधुनिक शास्त्रज्ञांच्या दृष्टीनें मंगळ व इतर ग्रह व उपग्रह हे सूर्यापासूनच निघाले असल्यानें हीं सर्व सूर्याचीं लेकरें होत. या साऱ्या भावंडांत पृथ्वी, मंगळ व शुक्र हीं साधारणः बरोबरीचीं समजलीं जातात. कित्येक शास्त्रज्ञांच्या मतें पृथ्वीच्या पूर्वकालाची कल्पना शुक्रावरून कळते तर तिचें भविष्य मंगळावरून सांगतां येईल.

मंगळाचें दर्शन—

मंगळ दिसावयला थोडासा तांबूस पण तेजस्वी असल्यानें आकाशांतल्या ग्रह व ताऱ्यांच्या घोळक्यांतून त्याला शोधून काढणें कठीण नाहीं. बहिर्ग्रहांपैकीं मंगळ हा पृथ्वीला अगदीं जवळचा असून अंतराळांतल्या एकाद्या काल्पनिक

द्रष्ट्याला तो पृथ्वीपेक्षां जास्त अंतरावरून सूर्याभोंवतीं घिरट्या घालीत असलेला दिसेल. मंगळादि बहिर्ग्रह हे कधींच सूर्य आणि पृथ्वी यांच्या दरम्यान येऊं शकत नसल्यानें त्यांच्या कला प्रतिपदेपासून षष्ठी-सप्तमीच्या चंद्रकलांसारख्या लहान कधींच दिसत नाहींत. त्या नेहमीं फुगीरच असतात. दुर्बिणींतून मंगळाच्या कलांचा फुगीरपणा जितका ठसठसीतपणें डोळ्यात भरतो, तेवढा गुरु, शनी इत्यादिकांचा भरत नाहीं; कारण ते फार दूर आहेत.

सूर्यापासून पृथ्वी जितकी दूर आहे त्याच्या दीडपटीनें मंगळ दूर असल्यामुळें जो जेव्हां षड्भांतरीं असतो (पृथ्वीच्या एका बाजूला सूर्य आणि थेट विरुद्ध बाजूला मंगळ अशी स्थिति असते) त्या वेळीं तो पृथ्वीला जवळ असल्यानें विशेष चकाकित दिसतो जेव्हां तो सूर्यसंवासी असतो (दोघेही एकाच दिशेला असतात) तेव्हां तो अडीचपट अंतरावर असतो. प्रकाशाची भास्वरता अंतराच्या व्यस्त वर्गप्रमाणांत कमी होत असल्यानें षडभांतरस्थ मंगळाची चकाकी संवासी मंगळाच्या चकाकीच्या २५ पट असते. यापेक्षांही अनुकूल परिस्थितींत केव्हां केव्हां षड्भांतरीचा मंगळ हा संवासी मंगळाच्या ६० पटही चकचकीत दिसतो.

षड्भांतर घडण्याचे प्रसंग अनेक येतात. त्यापैकीं कांहीं प्रसंगीं पृथ्वी ही मंगळाच्या उपसूर्य बिंदूजवळून जात असते. दर ७८० दिवसांनीं मंगळ षड्भांतरीं येतो; पण सुमारें १५ ते १७ वर्षांनीं उपसूर्य षड्भांतर घडतें. वेध घेण्यास ही एक पर्वणीच लाभते. १९०९ सालीं मंगळ षड्भांतरीं असतांना त्याचे फोटो अगदीं यशस्वीपणें असें प्रथमच काढतां आले. षड्भांतरीच्या कांहीं तारखा पुढें दिल्या आहेत.

(१) २४ मार्च १९५० (२) २ मे १९५२ (३) २५ जून १९५४ (४) ११ सप्टें. १९५६.

यापैकीं शेवटची म्हणजे १९५६ मधील तारीख ही वेधाला अत्यंत उपयुक्त आहे; कारण त्या सुमाराला मंगळ पृथ्वीपासून ३.५ कोटी मैलांच्या अंतरावर येणार आहे.

अशा प्रसंगीं खगोलशास्त्रज्ञ हे मंगळाचे जितके वेध घेतां येतील तितके घेऊन ठेवतात. ते घेतांनासुद्धां वातावरणामुळें फारच अडचणी निर्माण होतात. अमेरिकेचे डॉ. पेटिट यांनीं १९३९ मध्यें मंगळाचे वेध घेतले, तेव्हां तीस रात्रींच काय ते वेध घेण्याचें काम नीटसें जमूं शकलें. ह्या तीस रात्रींत सुद्धा फक्त ४।५ वेळांच आणि ते सुद्धां केवळ कांहीं मिनिटें त्यांना मंगळाचें बिंब मनाप्रमाणें चांगलें दिसूं शकलें. यावरून ग्रहांचे वेध घेणें किती जिकिरीचें काम असतें हें कळून येईल. असें असलें तरीसुद्धां कितीतरी वर्षें शास्त्रज्ञांनीं वेध घेऊन शक्य ती माहिती गोळा करून ठेविली आहे हें त्यांना अभिनंदनीय नव्हे काय !

मंगळाचें कक्षावृत्तादि—

सूर्यापासून वाढत्या अंतराच्या अनुक्रमानें मंगळाचें स्थान चवथें येतें. पृथ्वीचें सरासरी अंतर ९.३० कोटी मैल तर मंगळाचें १४.२७ कोटी मैल आहे. मंगळाच्या कक्षेची विकेंद्रता ही बुधाच्या खालोखाल मोठी म्हणजे ०.०९३३ इतकी आहे. अर्थात् त्याचा मार्ग बराच विवृत्ताकृति आहे. त्याचें उपसूर्य अतर १२.८० कोटी व मंदोच्ची उपसूर्य अंतर १५.४० कोटी मैल असतें. पृथ्वीच्या आयानिक वृत्ताशीं मंगळाची कक्षा १°५१ चा कोन करते. त्याचा नाक्षत्रकाल ६८७ दिवसांचा असून एका युतीपासून दुसरी युति घडण्याला लागणारा सांवासिक काल ७८० दिवसांचा आहे. इतर कोणत्याहि ग्रहाच्या दोन सूर्य युतींमध्यें एवढा मोठा अवधि लोटत नाहीं.

प्रतियोगाच्या वेळचें मंगळाचें सरासरी अंतर पृथ्वीपासून ४.८५ कोटी मैलांचें असतें. उपसूर्य बिंदूजवळ अंतर्युति झाल्यास पृथ्वीपासून ३.४५

कोटी मैलावर व अपसूर्य बिंदुजवळ ती झाल्यास ६.३ कोटी मैलावर तो असतो. बहिर्युतीच्या वेळीं तो पृथ्वीपासून सरासरी २३.४५ कोटी मैलांवर गेलेला असतो.

मंगळाचें स्वरूप—

मंगळाचा दृश्य व्यास ३″·६ पासून २५″·० पर्यंत बदलत असतो. त्याचा सरासरी व्यास ४२५० मैलांचा आहे. पृष्ठफळ पृथ्वीच्या $\frac{1}{4}$ पेक्षां थोडे अधिक भरतें व घनफळ पृथ्वीच्या $\frac{1}{7}$ इतकें आहे. त्याला उपग्रह असल्यानें त्याचें वस्तुमान सहज काढतां येतें. ते पृथ्वीच्या ०·१०८ इतकें ठरतें. त्याची घनता पृथ्वीच्या ०·७२ व गुरुत्वाकर्षण, पृष्ठभागीं, पृथ्वीच्या ०·३८ इतकें येतें. त्याच्या वातावरणांतल्या एकाद्या रेणूला जर दर सेकंदाला ३·१ मैलांचा वेग मिळाला तर तो रेणू मंगळाच्या वातावरणांतून निसटून अंतराळांत निघून जाईल. पृथ्वीवरचा असाच मोक्ष वेग दर सेकंदास सुमारें ७ मैलाचा असल्याचें आपणांस ठाऊक आहेच. पृथ्वीप्रमाणेंच मंगळाचाहि ध्रुवव्यास त्याच्या विषुवव्यासापेक्षां थोडासा, म्हणजे सुमारें २५ मैलांनीं, लहान आहे.

सतराव्या शतकामध्यें प्रथम दुर्बिणीनें मंगळाचे वेध घेतले गेले, त्यावेळीं त्याच्या पृष्ठभागावर कांहींतरी ओळख ठेवतां येण्याजोग्या कायम ठश्याच्या खाणाखुणा असाव्यात असें दिसलें. त्यांची ठेवण कायम असली तरी त्यांची बिंबसापेक्ष जागा बदलत असावी असें आढळलें. यावरून कॅसिनी नांवाच्या शास्त्रज्ञानें त्याचा परिवलन काल २४ ता. ४० मि. असावा असें ठरविलें. आतां दीर्घकालपर्यंत सूक्ष्मवेध घेतल्यावर हा काल २४ ता. ३७ मि. २२·७ से. इतका आहे असें ठरविलें गेलें आहे. तसेंच ज्या पातळींतून मंगळ हा सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालतो त्या पातळीशीं त्याच्या विषुववृत्ताची पातळी सुमारें २४° नीं कललेली असावी. हा कल, मंग-

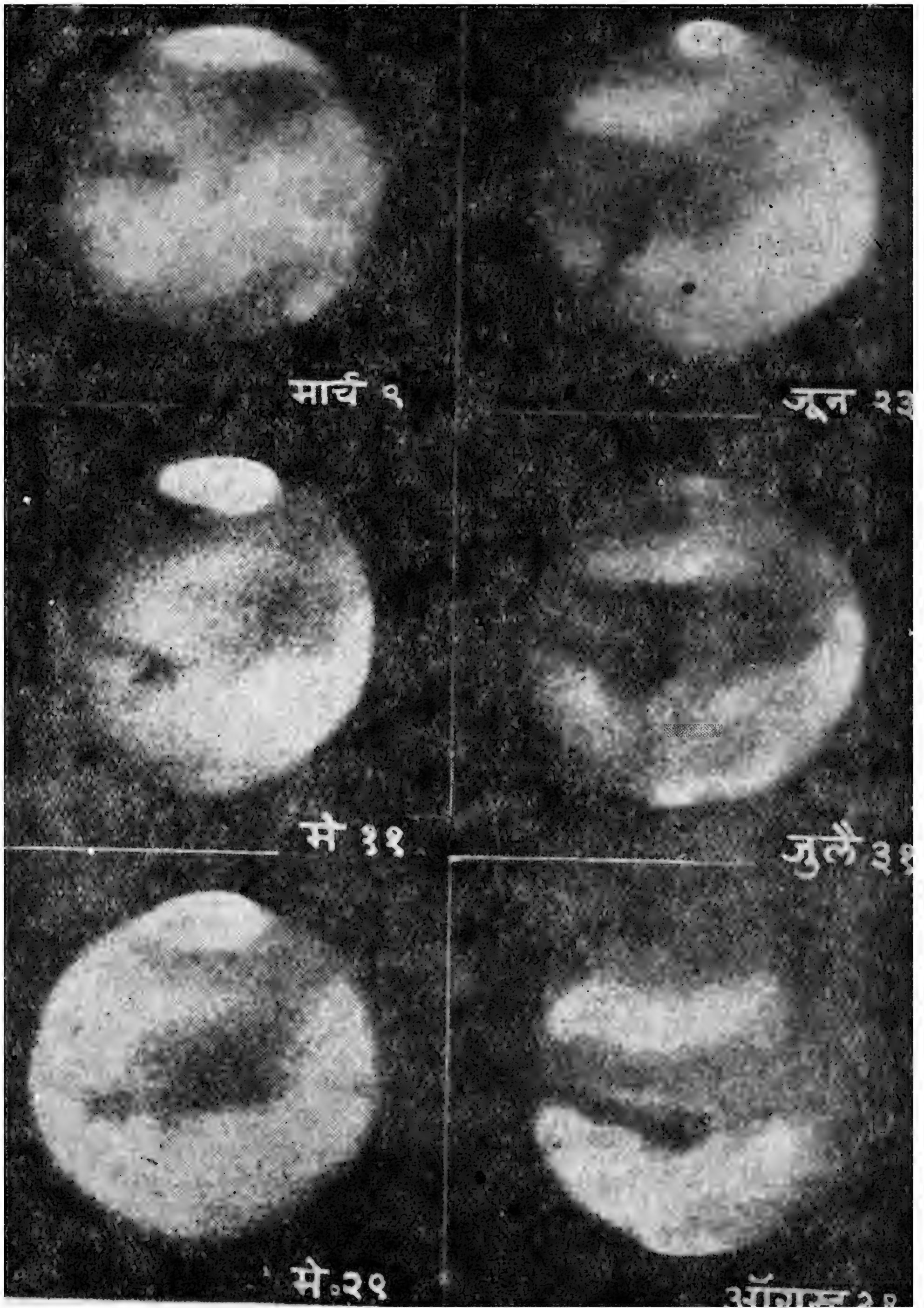
ळाच्या पृष्ठभागावर बर्फमय प्रदेशाचा संकोच व विस्तार घडत असलेला आढळतो त्यावरून, व इतरहि असल्याच विशेषांचे वेध घेऊन, ठरविला गेला आहे.

मंगळाचें वातावरण—

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर मोक्षवेग दर सेकंदास ७ मैल आहे व तिजवर विपुल वातावरण आहे. चंद्रबुधावर तोच मोक्षवेग सेकंदास १·५ ते २ मैल असून त्यावर वातावरणाचा अभाव आहे. या गोष्टी ध्यानांत घेतल्या म्हणजे मोक्षवेग ३·१ मैल असणाऱ्या मंगळावर थोडेंसें तरी वातावरण असण्याचा संभव असावा असें वाटतें.

मंगळाचा प्रकाश-प्रतिक्षेप, म्हणजे परावर्तन गुणांक, ०·१५ आहे. तो चंद्रबुधापेक्षा अधिक व शुक्र-पृथ्वीपेक्षां कमी आहे. विरळ वातावरणांतून डोंगराळ जमीनीवर पडलेल्या प्रकाशाचें एवढें परावर्तन होणें अगदीं शक्य आहे. मंगळाच्या दक्षिणोत्तर ध्रुवांकडील भागांत दुर्बिणींतून पांढरे पांढरे प्रदेश दिसतात व ऋतुपरत्वें ह्या क्षेत्राचा संकोच विस्तार घडलेला दिसतो. कसल्यातरी बाष्पाचें घनीभवन, नंतर त्याचें वितळणें आणि मग पुन्हां बाष्पीभवन ही क्रिया वातावरणाखेरीज कशी घडूं शकेल हें समजणें कठीण आहे. तसेंच मंगळाच्या एकाद्या रेखांशावर सूर्योदय होऊं लागतो तेव्हां त्या भागावर विरळ धुक्या सारखा पांढरा पट्टा दिसतो त्याची तुलना पृथ्वीवरील सूर्योदयापूर्वी व सूर्यास्तानंतर उषःप्रभा व सायंप्रकाश दिसतात, त्यांच्याशीं करतां येईल. वातावरणाच्या अस्तित्वाचें हें एक गमकच आहे. यांहीपेक्षा समाधानकारक पुरावा वर्णपट्टांच्या द्वारा मिळतो.

लिक येथील वेधशाळेंत जेव्हां निरनिराळ्या वर्णांच्या प्रकाशांतून मंगळाचे निकाश घेतले तेव्हां असें आढळलें कीं, अतींद्र किरणापासून सुरुवात करून जसजसें वाढत्या तरंगायामांच्या प्रकाशांतून मंगळाचीं चित्रें



[आकृति २१—निरनिराळ्या दिवशीं घेतलेले मंगळपृष्ठाचे निकाश (फोटो) आकृतींत वरच्या अंगाला पांढरा, टोपीवजा भाग आहे तो ध्रुवप्रदेश.]

बिंदु–८०°श० असतो. यावरून मंगळामानावरील 'बर्फ' कार्बन डायाक्साइडचें नसून तें पाण्याचेंच असावें हें अधिक शक्य आहे.

मंगळाचा पृष्ठभाग—

आपल्या दृष्टीला एरव्हीं सुद्धां मंगळाची स्वारी तांबडी लाल दिसते. दुर्बिणींतून तर केवढा तरी विस्तृत प्रदेश लालसर दिसतो. रंगाप्रमाणें मंगळाच्या पृष्ठाचें तीन भाग पडतात. तांबड्या रंगाचा भूभाग; दोन्ही ध्रुव प्रदेशावर दिसणारा पांढरा भाग आणि राहिलेला करडा व हिरवट भाग. पांढरा विभाग हा बर्फमय प्रदेश आहे. मंगळाच्या एका फेरींत त्याच्या ऋतुमानाप्रमाणें या भागाचा विस्तार व संकोच होतो. व शेवटीं शेवटीं एक नुसता पांढरा ठिपकाच दिसतो. उत्तर हिमप्रदेशाचा जास्तीत जास्त व्यास सुमारें ३१०० मैल व दक्षिण हिमप्रदेशाचा ३७०० मैल असतो. सापेक्षतेनें दक्षिणेकडील बर्फ लवकर वितळतें, कधीं कधी ते अजिबात नाहींसें होतें. व जमूं लागतें तेंही उशीरांच उलटपक्षी उत्तरेकडील बर्फ अजीबात नाहींसें झालें असें कधीं आढळत नाहीं. यावरून उत्तरेपेक्षां दक्षिणेकडील उन्हाळा आणि थंडी कडक असावीत असें दिसतें. यावरून दक्षिण गोलार्धांत जमीनींचा भाग जलविभागापेक्षां जास्त असावा असें अनुमान निघूं शकते. दक्षिणेकडील बर्फ वितळतां वितळतां जो भाग शेवटीं बर्फाच्छादित दिसतो तो ध्रुवभागीं नसून तेथून दूर २५०।३०० मैलांवर आढळतो व हिमविस्तार होऊं लागतो तोही याच प्रदेशापासून. त्या अर्थी हा प्रदेश डोंगराळ असावेंसें दिसतें. लोवेलच्या मतानें मंगळावरचें कोणतेंही पर्वतशिखर अर्धीच तीन हजार फुटाहून फारसें उंच नसावें.

लालसर दिसणारा विभाग बहुधा वालुकामय असून करडा दिसतो तो जलमय असावा अशी कल्पना आहे, व तोही उथळ असावा. कांहींच्या मतानें हा भाग जलाचा नसून वनसृष्टीनें भरलेला असावा; कारण कांहीं

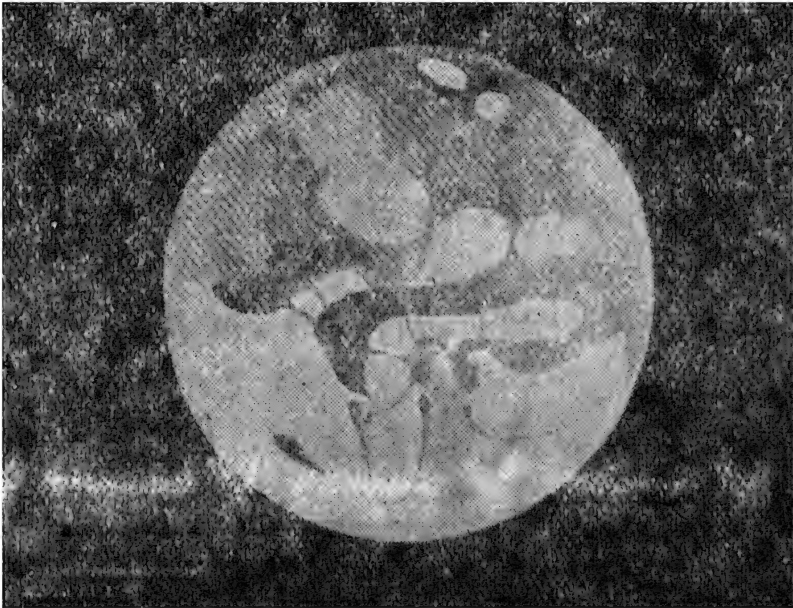
वेळां तो जास्तच हिरवट दिसूं लागतो. मंगळावर कधीं कधीं जे मोठमोठे डोंगर असतील ते उन्हापावसाशीं झगडत असतांना त्यांनीं तेथील हवेंतला प्राणवायु शोषून घेतला असावा. जमिनीवरील माती देखील हजारों वर्षे तापल्यामुळें तिचा प्राणवायूशीं संयोग होऊन ती तांबडी बनली असावी. गंज चढल्यावर (म्हणजेच प्राणवायूशीं संयोग झाल्यावर) एकादा पदार्थ, विशेषतः तो लोहयुक्त असेल तर, तांबडा दिसतो, तसाच हा प्रकार आहे. पृथ्वीच्या $\frac{१}{१०००}$ इतका जरी प्राणवायु मंगळावर असता तरी वर्णादर्शातून उमगला असता. तो आतां आढळत नाहीं, कारण तो वर सांगितल्याप्रमाणें डोंगरांमातींनीं शोषला असावा. आपल्या पृथ्वीवर देखील हीच क्रिया चालू आहे.

मंगळावरील रेषा—

मंगळानें आतांपर्यंत सत्तर वर्षे शास्त्रज्ञांना जें हतबुद्ध करून ठेवलें आहे तें त्याचें छायाचित्र आणि प्रत्यक्ष डोळयांनीं दिसणारें दुर्बिणींतील दृश्य ह्या दोहोंमधील तफावतीमुळें होय. मंगळाच्या छायाचित्रात तीन भाग दिसतात हें पूर्वी वर्णिलें आहेच. परंतु प्रत्यक्ष डोळ्यांनीं पाहिल्यावर त्याचा पृष्ठभाग, याशिवाय आडव्या तिडव्या व एकमेकींना छेदणाऱ्या करड्या सरळ रेषाच्या जाळयानें भरलेला दिसून येतो. यांतल्या बऱ्याच रेषा म्हणजे मोठ्या वृत्तांचे परिधीच असावेत असें दिसतें. कधी कधीं जुळया समांतर रेषा आढळतात; तर ज्या भागांना ‘ समुद्र ’ म्हणतात त्या भागांवरूनही काहीं रेषा गेलेल्या दिसतात.

जेथें जेथें ह्या रेषा एकमेकींना छेदतात त्या ठिकाणीं मोठे पाणवठे अगर तलाव असावेत, कारण त्यांच्या आसपासचा प्रदेश अधिकच हिरवट किंवा काळसर दिसतो. ध्रुव प्रदेशावरील बर्फ वितळतो तेव्हां तर ह्या रेषा जास्तच स्पष्ट दिसूं लागतात. हा प्रकार प्रथम मिलान येथील वेधशाळा-प्रमुख

शियापरेली यानें १८७७ मध्यें पाहिला आणि सतत ९ वर्षे त्यानें मंगळाचे वेध घेतले. त्या काळया रेषांना त्यानें कॅनेली म्हणजे ओढे असें संबोधिलें व तेव्हांपासून ह्या रेषा म्हणजे मंगळावरील कालवे होत असा सर्वत्र समज पसरला. हे कालवे रुंदीला साधारण सहा मैल असून शेंकडों मैल लांब असावेत. आतांपर्यंत निरनिराळ्या वेळीं आणि अगदीं उत्तमोत्तम दुर्बिणींतून मंगळाकडे पाहून त्याचे हुबेहुब नकाशे काढण्यात आले आहेत. अगदीं नुकताच इ. स. १९३९ मध्यें मंगळ पृथ्वीजवळ आला असता डॉ. पेटिट यांनीं मौंट विल्सनवरील अत्युत्तम दुर्बिणींतून पाहून त्याचा नकाशा काढिला,



[आकृति २२— मंगळावरील कालवे.]

त्यांतहि शियापरेली यानें ७० वर्षांपूर्वी काढून ठेविलेल्या चित्राप्रमाणें अगदीं तसेंच जाळें दिसून आलें. १९४७ त हे कालवे डॉ. पेटिट यांनीं

पुन्हां पाहिले तेव्हां ते हिरवट रंगाचे दिसले. त्यांचें म्हणणें असें कीं, हे कालवे पहाण्यास मोठीशी तीक्ष्ण दृष्टि नको; फक्त आपल्या वातावरणाचीच कांहीं विशिष्ट अवस्था हवी. उलट पक्षीं बर्नार्डसारख्या कित्येक द्रष्टयांना, अनुकूल परिस्थितींत देखील, हे कालवे दिसूं शकले नाहींत हेंहि तितकेंच खरें आहे.

छाया चित्रांत (फोटोंत) हें जाळें अजिबात उमटत नाहीं. त्यामुळें हा सर्व दृष्टिभ्रमाचा परिणाम असावा असें कांहींजण म्हणतात. पाहतांना दृष्टीला ताण पडून असा भ्रम उत्पन्न होत असावा. मंगळाचें साधें चित्र (फोटो ज्यांत हें जाळें उमटत नाहीं) जरा लांब ठेऊन आपण जर पाहिलें तर आपल्याला असेंच जाळें दिसूं शकतें. पण ज्योतिर्वेत्ता टोंबो यानें यावरहि आक्षेप घेतला आहे. स्लिफरनें आफ्रिकेंतील वेधशाळेंतून घेतलेल्या फोटोंत हे कालवे दिसूं शकतात असें त्याचें म्हणणें आहे. मौंट पॅलोमार येथें जी मोठी २०० इंच व्यासाची दुर्बिण अलीकडे बसविली आहे तिच्या सहाय्यानें १९५४-५६ मध्यें मंगळ उपसूर्य बिंदूजवळ येईल तेव्हां कदाचित् या बाबतींत अधिक माहिती उपलब्ध होईल. पण मौज अशी कीं, हें जाळें कालव्यांचेंच असावें अशी अद्यापही कित्येकांची ठाम समजूत आहे.

अमेरिकेचे डॉ. लोवेल ह्यांनीं फ्लॅगस्टाफ (अरिझोना) वेधशाळेंतून ह्या जाळ्याच्या प्रश्नाकरितां वर्षेंच्या वर्षें मंगळाचें अवलोकन करून अभ्यास केला. प्रचंड असले तरी देखील हे कालवे मनुष्यनिर्मितच असले पाहिजेत असें त्यांचें म्हणणें आहे. मंगळावरील वातावरण, तपमान व इतर नैसर्गिक परिस्थिति पाहतां आज कदाचित् नसला तरी पूर्वकाळीं तेथें मानव असणें शक्य आहे. तपमानाच्या अनुकूलतेमुळें तो विषुववृत्तावर राहात असावा. तेथें पाण्याची सोय नसावी आणि म्हणूनच ध्रुव प्रदेशापासून लांबच

लांब कालवे खणून हे पाणी तिकडे नेलें असावें. स्थापत्यशास्त्रांत इतकी प्रगति करून दाखविणारा मंगळावरचा मानव आपल्यापेक्षां कितीतरी हुशार आणि पुढारलेला असावा. कालांतरानें प्राणवायूचा साठा कमी होऊन त्याचा तुटवडा पडू लागला असावा. अशाहि स्थितींत मंगळावरच्या झुंजार मानवानें निसर्गक्रमाशीं बुद्धीच्या जोरावर चांगलीच झुंज दिली असावी. वनस्पति प्राणवायु बाहेर फेंकतात ह्याचे ज्ञान असल्यामुळें त्यानें सगळीकडे झाडेंच झाडें लावलीं असावींत. तरीसुद्धां अखेरीला प्राणवायु संपुष्टांत येऊन निसर्गानें त्या मानवावर मात करून त्याला नामशेष केलें असावें. मात्र आपल्या प्रगल्भ बुद्धीची साक्ष म्हणूनच कीं काय हें जाळें व हिरवट दिसणारी वनसृष्टि मागें ठेऊन तो गेला असावा. हें जर खरें असेल तर पृथ्वीवरचा देखील प्राणवायु केव्हांतरी संपुष्टांत येऊन आपलीहि गत अशीच होणें अशक्य नाहीं असें लोवेलच्या अनुयायांचें म्हणणें आहे.

पण शास्त्रज्ञदेखील जेव्हां प्रत्यक्ष दिसणाऱ्या थोड्याश्या गोष्टीभोंवतीं कल्पनांचें दाट जाळें विणूं लागतो आणि त्यांतील एकाद्या धाग्याच्या आसऱ्यानें, कोळी जातो तसा, दूर दूर जाऊं लागतो, तेव्हां त्यानें वस्तुतः आपलें मर्यादित क्षेत्र ओलांडून काव्याच्या क्षेत्रांत पदार्पण केलेलें असतें असेंच म्हटलें पाहिजे. मंगळावरचीं हीं माणसें खरोखरीच एवढी बुद्धिमान् होतीं तर मग त्यांनीं दऱ्याखोऱ्यांच्या नैसर्गिक उतारावरून हे कालवे आडवे तिडवे नागमोडी वळणानें न नेतां अगदीं सूत लावून हजारों मैल सरळ कशाला नेले ? थेट ध्रुवापासून विषुवापर्यंत सरळ कालवे न्यावयाचे, व तेंही अंतराचा व गुरुत्वाकर्षणाचा विचार न करतां, ही निसर्गाशीं केवढी जबरदस्त टक्कर ! तीही कशाकरितां, तर विषुवावर कुडचाभर पाणी मिळावें म्हणून ! दक्षिणोत्तर ध्रुवांकडे पहावें तर आज तरी तेथें बर्फाचा थर आहे तो फारसा जाड नाहीं. तो वितळणार काय आणि विषुवावर पाणी मिळावयाचें तें किती व कसें !

माल एवढें मान्य करावयाला हरकत नाहीं कीं मंगळाच्या पृष्ठावर जे रंगांचे फेरफार आढळतात (उन्हाळ्यांत निळसर हिरवेपणा आणि-हिंवाळ्यांत विटकरी सारखा तांबडेपणा) तो उद्भिजसृष्टींतील फेरफारा-सारखा भासतो. त्याअर्थी तेथें कदाचित् एकाद्या अवस्थेंतील उभ्दिजें असूंही शकतील.

मंगळाचे उपग्रह—

मंगळाभोवतीं फेऱ्या घालणारे दोन लहान उपग्रह आहेत. ते १८७७ सालीं असफहॅाल नावाच्या एका अमेरिकन ज्योतिर्द्रष्ट्यानें प्रथम पाहिले. पुरुषांनीं केव्हां केव्हां वैतागानें अर्धवट सोडून दिलेली कामें गृहिणींच्या उत्तेजनानें कशी तडीला जातात याचे एक गमतीचें उदाहरण म्हणून या उपग्रहाच्या शोधाकडे बोट दाखवितां येईल. मंगळाभोंवतीं निदान एकादा तरी उपग्रह असलाच पाहिजे असें वाटल्यावरून दुर्बिणींतून वेध घेऊन तो शोधून काढण्यासाठीं हॉलनें जंग जंग पछाडलें. अखेरीला उद्वेगानें तो हें काम सोडूनही देणार होता, पण ' आतां तूं पुनः एकदांच वेधशाळेंत जा आणि पुन्हा एकवार यत्न कर ' म्हणून बायकोनें गळ घातली आणि तिच्या शब्दासाठीं म्हणून जो हॅाल दुर्बिणीला डोळे लावून बसला. तों एका ऐवजीं दोन उपग्रहांचा शोध लावून बाहेर पडला अशी एक आख्यायिका आहे. ' मंगळ ' ही युद्धदेवता आहे, तिच्या अनुचरांना योग्य अशींच नांवें हॉलनें या उपग्रहांना दिली. एकाचें नांव फोबास (भमि—भीतिकारक) आणि दुसऱ्याचें नांव डीमॉस (भैरव—गाळण उडविणारा).

यांतला भीम हा अवघा १० मैल व्यासाचा, म्हणजे लहान असून, त्याचे पूर्ण बिंब पृथ्वीवरून नीटसें दिसूं शकत नाहीं. तो मंगळाच्या केंद्रापासून ५८०० मैलांवर आहे. आपला चंद्र पृथ्वीच्या पृष्ठभागापासून तिच्या त्रिज्येच्या ५९ पट दूर आहे तर भीम हा मंगळाच्या पृष्ठभागापासून

केवळ दोन मंगळ–त्रिज्येच्याही आंतच आहे. मंगळाभोवतीं एक फेरी घालण्याला त्याला फक्त ७ ता. ३९ मिनिटें लागतात. मंगळाला आपल्या स्वतःच्या अक्षाभोंवतीं एका गिरकीला २४ ता. ३७ मि. लागतात. तेवढ्या अवधींत (एका भौम दिवसांत) भीमाचे तीन दिवस होऊन गेलेले असतात. म्हणजेच मंगळाभोंवतीं तीन फेऱ्या घालून तो पुनः मंगळ–क्षितिजाच्या बराचसा वर आलेला असतो. आपला चंद्र पूर्वेकडे उगवत असला तरी स्थिर ताऱ्यांच्या अनुरोधानें तो पूर्वेकडे सरकलेला दिसतो व दररोज थोडथोडा उशीरा उगवतो. त्या मानानें भीमाच्या गतीचा झपाटा खूपच आहे. समजा, आपल्या घड्याळाप्रमाणें सायंकाळीं ६ वाजतां एकाद्या विविक्षित स्थळीं मंगळावर सूर्यास्त झाला असें मानलें व त्यावेळीं भीम हा मंगळाच्या पश्चिम क्षितिजाजवळ असेल तर रात्रीं सुमारें सव्वादहा वाजतां तो पूर्वेकडे मावळेल आणि पहाटें ५ च्या सुमाराला तो पुनः पश्चिम क्षितिजाकडे उगवलेला दिसेल. आपला चंद्र फार दूर असल्यानें कलावृद्धि व कलाक्षय आपण पूर्णतया पाहूं शकतों; पण भीम मंगळपृष्ठापासून फारच जवळ असल्यानें मंगळावरील कोणाही द्रष्ट्यास सर्व कला दिसणें हें पृष्ठाच्या वक्रतेमुळें अशक्य होईल. असला हा विलक्षण उपग्रह एकट्या मंगळाच्याच वाट्याला आलेला असून सबंध सूर्यकुलांत तो आपल्या परीनें अद्वितीय आहे.

दुसरा उपग्रह भैरव हा फक्त ५ मैल व्यासाचा असून त्याचे मंगळापासूनचें अंतर सुमारें १४६०० मैल आहे. त्याला मंगळाभोंवतीं फेरी घालण्याला ३० ता. १८ मि. लागतात. तो पूर्वेकडेच उगवतो पण एकदा उगवल्यापासून पुनः पूर्व क्षितिजावर उगवण्याला त्याला ५$\frac{१}{५}$ दिवस लागतात. एवढ्या अवधींत त्याच्या सर्व कलांची पुनरावृत्ति चार वेळां झालेली असते. तो लहान असल्यामुळें तो पहावयाचा असल्यास चांगली प्रभावी दुर्बिणच हाताशीं असावी लागते.

हे दोन्ही उपग्रह मंगळाभोंवतीं त्याच्या विषुवपातळींतच फेऱ्या घालीत असून त्यांचा मार्ग जवळ जवळ वृत्ताकृति आहे. मंगळाच्या विषुवांगाला जी बरीचशी फुगावट आहे, तिच्या आकर्षणामुळें हे उपग्रह मंगळाच्या विषुवपातळीकडेच नेहमीं खेचून ठेविले जातात.

लघुग्रहांचा शोध कसा लागला ? : ७

प्रास्ताविक : :

सूर्यकुलांतील सर्व ग्रह आपल्या ठराविक कक्षेंत नियमितपणें फिरत असतात. सध्या माहित आहेत त्याच कक्षामार्गांमध्यें ग्रह कां फिरत राहतात ? त्याना दुसऱ्या भिन्नकक्षेंत फिरतां येईल किंवा नाहीं ? त्यांच्या कक्षा कधींच बदलत नाहींत किंवा काय ? असे अनेक प्रश्न साहजिकपणें मनांत येतात, तरी त्या प्रश्नांची संपूर्ण उत्तरें देतां येण्यासारखीं नाहींत. सर्व ग्रह आपापल्या नियमित कक्षामार्गांत फिरत राहतात एवढें तूर्त मान्य केलें म्हणजे पुरें.

एखाद्या ज्योतीचें आकाशांतील स्थान, आसपासच्या तारकांशीं पडताळून पाहतां, बदलत आहे असें आढळलें तर ती ज्योति ग्रह आहे असें समजण्यास साधारणतः कांहींच हरकत नाहीं. आकाशाकडे नजर लावून बसणें हें आतां वेध घेणाऱ्या धंदेवाईक किंवा हौशी ज्योतिषांचें एक नेहमींचें कामच होऊन बसलेलें आहे. जगांतील मोठमोठ्या वेधशाळांना आकाशाचे निरनिराळे भाग वाटून दिलेले असतात व त्या भागांत त्यांचीं एकसारखीं निरीक्षणें व तपासणी चालू असते. एखादी परकी ज्योति नजरेंत आली तर ताबडतोब ती कोण, कोठून आली, पुढें कोठें जाणार वगैरे सूक्ष्म चौकशी सुरू होते. ज्यावेळीं फोटोग्राफीची कला अवगत नव्हती त्यावेळीं नुसत्या दुर्बिणीच्या साहाय्यानें डोळ्यांनीं वेध घेत बसणें हें अत्यंत जिकीरीचें काम होतें. टायकोब्राहेसारख्या प्रसिद्ध ज्योतिषांनीं तर दुर्बिणीशिवाय वेध घेऊन ठेवले. त्यांची कर्तबगारी लक्षांत घेतली तर फोटोग्राफी उपलब्ध झाल्यामुळें सध्यां वेध घेऊन निरीक्षण करण्याचें व नोंदणीचें काम फारच सुलभ झालें आहे. फोटो घेण्यांत आणखी एक फायदा असतो. ताऱ्यांचे,

ग्रहांचे वेग निरनिराळे असतात. ताऱ्याचे परस्परांतलें अंतर बदलत नाहीं. त्यांची पृथ्वीशीं सापेक्ष गति ठराविक असते व ग्रहांची गति भिन्न असते. त्यामुळें ताऱ्यांचे दुर्बिणींतून घेतलेले फोटो बिंदुमय येतात व ग्रहांच्या जागीं रेषा उमटतात. आकाशांतील ताऱ्याचे फोटो ठिपकेवजा यावे म्हणून दुर्बिण कांहीं एका विशिष्ट गतीनें फिरत ठेवावी लागते आणि याच कारणामुळें ग्रहाचें फोटोचित्र—त्याचा वेग निराळा असल्यामुळें—रेषामय येते.

लघुग्रहांचा शोध—

'पिआत्छी' नांवाचा इटालियन ज्योतिषी पालेर्मो येथील वेधशाळेतून आकाशाचे नियमितपणें वेध घेत असे. १८०१ सालीं जानेवारी १ च्या रात्रीं नेहमींप्रमाणें वेध घेऊन कांहीं ताऱ्यांच्या जागा त्यानें नोंदून ठेवल्या होत्या. दुसऱ्या रात्रीं वेध घेत असतांना एक तारा जागचा थोडा सरकला असल्याचा पिआत्छी याला संशय आला. पुढें कांहीं रात्रीं सतत वेध घेतल्यावर हा संशय दृढ झाला. त्यावेळीं बुध, शुक्र, मंगळ, गुरु आणि शनि हे ग्रह माहीत असल्यामुळें हा अचानकपणें दृष्टिपथांत आलेला पाहुणा कोणी तरी धूमकेतु असावा असा प्रथम तर्क करण्यांत आला. धूमकेतु ग्रहाप्रमाणें ठिपकेवजा दिसत नाहीं. तो पुसट असतो. त्याला शेंपूट किंवा कांहीं निराळाच आकार असतो पिआत्छी याला तसलें कांहींच दिसलें नाहीं. सूर्यकुलांतील ग्रहाव्यतिरिक्त अशी कोणती ज्योति दृष्टीस पडत आहे याबद्दल त्याला मोठा अचंबा वाटला. सहा आठवड्यांच्या निरीक्षणांत ती ज्योति प्रथम पश्चिमेकडे गेल्याचें, नंतर स्थिर राहिल्याचें व शेवटीं पूर्वेकडे जात असल्याचें दिसून आलें. पिआत्छी स्वतः आजारी पडल्यामुळें त्याला यापुढें वेध घेणें शक्य झालें नाहीं; तरी त्यानें आपल्या रोजनिशींत टिपून ठेवलेली सर्व माहिती इतर वेधशाळांतील ज्योतिषि-

मित्रांकडे पडताळून पाहण्यासाठीं पाठवून दिली व त्यांना या नवीन ज्योतीवर नजर ठेवण्याची सूचना केली. त्या वेळीं आगगाडी नव्हती किंवा एअरमेल नव्हती. त्यामुळें पिआत्छी यानें पाठविलेली माहिती—सूचना इतरांना फार उशीरा पोहोंचली. अर्थात् त्यांनीं आकाशांत पाहणी केल्यावर त्यांना कांहींच विशेष आढळलें नाहीं. सगळा कारभार येथेंच आटोपला असा भास झाला.

शास्त्रीय संशोधनांत पड खाऊन चालत नाहीं. जर्मनीमध्यें त्या वेळीं 'गाऊस' या नांवाचा एक प्रसिद्ध गणिती संशोधनांत गुंतलेला असे. न्यूटननें घालून दिलेल्या गतिविषयक नियमांचा आधार घेऊन आकाशांतील ज्योतींचे मार्ग थोड्या निरीक्षणाच्या साहाय्यानें निश्चित करतां येतील किंवा नाहीं याबद्दल गाऊस याचें गणित चालू होतें. आज येथें, उद्या तेथें, परवा आणखी पलीकडे अशा रीतीनें कांहीं काल जर एखादी ज्योति अवलोकनांत आली तर तेवढ्यावरून त्या ज्योतीची संपूर्ण कक्षा तयार करावयाची हा दीर्घ खटाटोप गाऊस यानें चालविलेला होता आणि साधारण दूरदूरचे तीन बिंदु मिळाले तर सबंध कक्षा आखतां येते असा त्यानें नियम बांधला. या नियमाची प्रचीती पाहण्याची संधि त्याला आपोआपच मिळाली. 'पिआत्छी' यानें घेतलेले नव्या अपरिचित ज्योतीचे वेध 'गाऊस' याच्या हातीं पडल्याबरोबर त्यानें आपलें गणित सुरू केलें व कक्षा ठरवून दिली. कक्षा सूर्यकेंद्री आहे त्यावरून नवी ज्योति सूर्यकुलांतील आहे एवढें ठरलें. कक्षामार्ग मंगळ आणि गुरु यांच्या कक्षामार्गांच्या मध्यें कोठेंतरी आहे, यावरून ही ज्योति पुन्हां केव्हांतरी नजरेस पडेल असा कयास त्यानें बांधला व गणिताच्या साहाय्यानें १८०१ डिसेंबर-मध्यें ही ज्योति पुन्हां आकाशांत कोठें दिसेल याबद्दल भविष्य वर्तविलें. या सुमारास पिआत्छी याची प्रकृति सुधारली होती. त्यानें ३१ डिसेंबर १८०१ रोजीं हीच ज्योती गाऊसनें सांगितलेल्या जागीं नेमकी पाहिली.

शास्त्रांत या गोष्टींचें फार महत्त्व असतें व त्यांचा बिनचूकपणा मनांत पक्का ठसतो. पिआत्झी यानें नव्या ग्रहाचें नांव 'सेरेस फरनांडीआ' असें ठेवलें. सेरेसचा शोध अपूर्व होता यांत शंका नाहीं, तरी हा अपूर्वतेचा मान फार वेळ टिकणारा नव्हता. इतर ज्योतिषांनीं या कक्षामार्गावर आपल्या दुर्बिणी रोखल्या आणि त्यांना त्यांच्या अपेक्षेप्रमाणें आणखी कांहीं छोटे-खानी ग्रह आढळून आले. १८०२ मध्यें सेरेस शोधतां शोधतांच 'ओल्बर्स' याला एक ग्रह सांपडला, त्याचें नांव 'पालास' ठेवण्यांत आलें. १८०४ मध्यें 'जुनो' व १८०७ मध्यें 'व्हेस्ट' असे दुसरे ग्रह आढळले.

गाऊस याच्या गणितावरून या सर्वांच्या कक्षा मंगळ आणि गुरु यांच्या कक्षांच्या मधल्या भागांत असून सर्वांचा आवृत्तिकाळ साधारणपणें एकच आहे असें सिद्ध झालें. आकारानें हे सर्व माहीत असलेल्या ग्रहांच्यापेक्षां लहान असल्यामुळें त्यांना लघुग्रह म्हणण्याचा प्रघात पडला. पहिले चार मोठे लघुग्रह सेरेस, पालास, जूनो आणि व्हेस्टा हे त्यांतल्या त्यांत मोठे असल्याकारनें सांपडून गेले व नंतर लघुग्रह सांपडण्याचा ओघ जरा ओसरला. त्यानंतरच्या काळांत दुर्बिणीचा उपयोग जास्त प्रमाणांत होऊं लागला व लहानसे लघुग्रह असले तरी ते सुद्धां सांपडावे अशी वेळ आली. सुमारें चाळीस वर्षांनंतर १८४५ सालीं पांचवा लघुग्रह सांपडला. येथून पुढच्या काळांतील दुर्बिणी जास्त कार्यक्षम असल्याकारणानें १८९१ सालापर्यंतच्या अवधींत लहान लहान असे ३२२ नवे लघुग्रह सांपडले. या सगळयांच्या कक्षा ठोकळ मानानें मंगळ आणि गुरु यांच्या कक्षांच्या मधल्या अंतरांतच आहेत असाही अनुभव आला. नुसत्या दुर्बिणींतून डोळयानें दर रात्रीं पहात बसण्याऐवजीं दुर्बिणीला कॅमेरा जोडून आकाशांतील निरनिराळ्या भागांचे बिनचूक फोटो घेण्याची सोय झाल्यापासून लघुग्रहांचा शोध लागण्याचा वेग सपाट्यानें वाढीला लागला. हायडेलबर्ग (जर्मनी)

येथील माक्स वुल्फ या ज्योतिषानें फोटोग्राफीचा उपयोग करून शेंकड्या-वारी लघुग्रह हुडकून काढले.

आकाशाकडे दुर्बिण लावून तिच्यांतून पाहणारांना एक मजेदार अनुभव येतो. दुर्बिणीच्या दृष्टिक्षेत्रांतून तारे एकसारखे सरकत असलेले दिसतात. असें होण्याचें कारण म्हणजे ज्या पृथ्वीवर दुर्बिण स्थिर ठेवलेली असते त्या पृथ्वीला असलेली दैनंदिन गति हे होय. हा दोष टाळावयाचा असेल तर दुर्बिणीला पृथ्वीच्या गतीच्या उलट दिशेनें परंतु त्याच गतीनें फिरत ठेवणें हा एक सोपा उपाय आहे. आणि आधुनिक वेधशाळेंतील दुर्बिणी चोवीस तास फिरणाऱ्या घड्याळयाच्या यंत्राशीं निगडीत केलेल्या असतात, त्यामुळें दृष्टिक्षेत्रांतील तारे, यंत्ररचना बिनचूक असेल तर अगदीं स्थिर असल्याचा भास होतो व त्यांचे उत्कृष्ट फोटो घेतां येतात. ताऱ्यांचे फोटो घेण्यासाठीं येवढा खटाटोप करावा लागतो. कारण त्यांचा फोटोच्या कांचेवर पडणारा प्रकाश फार सूक्ष्म असतो व फोटो उमटण्यासाठीं तो कित्येक तासापर्यंत कांचेवर पडणें अवश्य असतें. यांत्रिक योजनाबरोबर जमली तर ताऱ्यांचे फोटो सुंदर येतात. सुंदर याचा अर्थ तारे ठिपकेवजा वर्तुळाकार-दिसतात. कांहीं लहान असतात ते ठिपके पुसट येतात आणि जे तारे तेजस्वी असतात ते ठळक ठिपक्यासारखे उमटतात. अशा परिस्थितींत एखादी 'तारा नाहीं' अशी ज्योति दृष्टिक्षेत्रांत आली तर अर्थात्‌च तिची गति ताऱ्यांच्या गतीशीं जुळती असणार नाहीं आणि त्या कारणानें त्या ज्योतीचा फोटो ठिपकेवजा न येतां—हललेल्या वस्तुसारखा-रेघेच्या आकाराचा उमटेल हें समजणें फारसें अवघड नाहीं.

लघुग्रह आकारानें लहान असल्याकारणानें त्यांची माहिती होण्यास जास्त कालावधि लागला. फोटोची पद्धति फार यशस्वी ठरली. आतां एक गोष्ट ध्यानांत घेण्यासारखी आहे ती अशी कीं, लघुग्रह दिसला म्हणजे तो

सांपडला असें मानण्यात येत नाहीं. कारण तो एकदां दिसला तरी सूक्ष्मपणामुळें किंवा इतर कांहीं कारणामुळें पुन्हां दिसेलच अशी खात्री बाळगतां येत नाहीं. कांहीं लघुग्रह दिसूं लागतात आणि त्यांची कक्षा निश्चित व्हावयाच्या अगोदरच दिसेनासे होतात. दर दहा वर्षांत किती लघुग्रह सांपडले व किती निश्चित करतां आले त्याची माहिती दिलेली आहे.

यावरून असें लक्षात येईल कीं शेंकडा ४०–५० लघुग्रह फक्त एकदाच दृष्टीस पडतात. लहान लघुग्रह अगदींच मंदप्रकाशी असतात आणि म्हणून त्याचें सतत अवलोकन करणें कठीण ठरतें. साधारणपणें तेरा ते चवदा या प्रतीचे लघुग्रह पुष्कळ असतात.

लघुग्रहांना नावें देणें सोपें काम नव्हतें. प्रथमतः देवतांचीं नावें दिलीं. सर्व ग्रीक देव संपल्यावर नंतर प्रसिद्ध वेधशाळा, प्रसिद्ध गांवें इत्यादींचीं नांवें दिलीं. तींही पुरीं पडत नाहींत असें आढळल्यावर सरळ क्रमांक देण्यांत आले. लघुग्रह शोधण्यांत हायडेलबर्ग येथील राइमुठ आणि वुल्फ यांनीं उच्चांक गांठला. राइमुठनें ९८० लघुग्रह, शोधले परंतु त्यांतल्या फक्त १८९ ग्रहांनाच नंबर दिले गेले. त्याच्या उलट वुल्फ यानें शोधलेल्या ५८२ लघुग्रहांपैकीं २२८ नक्की केले गेले. याशिवाय लघुग्रहांचा शोध लावण्यांत व्हिएन्ना येथील ‘ पालिसा ’ आणि नीस येथील ‘ शार्लवा ’ हीं नांवें प्रसिद्ध आहेत.

‘ बोडे ’ यांचा कक्षाविषयक नियम

ग्रहांच्या गतिस्थितिविषयींचे केप्लरचे तीन नियम आतां प्रसिद्धच आहेत.

पहिल्या नियमाप्रमाणें ग्रहांच्या कक्षा लंबवर्तुळाकृति असून त्यांच्या एका केन्द्रांत सूर्य असतो. मंगळबुधादि बहुतेक सर्व ग्रहांच्या कक्षा लंब वर्तुळाकृति असल्या तरी त्यांची केन्द्रच्युति साधारणतः इतकी थोडी आढळते कीं स्थूलमानानें त्या वर्तुळाकृतिच मानतां येतील.

धूमकेतूची कक्षा फार मोठ्या केंद्रच्युतीची असते. लघुग्रहांच्या कक्षा ठोकळमानानें ग्रहांच्या कक्षासारख्या असून त्यांच्या केंद्रस्थानीं सूर्य आहे. यावरून लघुग्रहांचे ग्रहाशीं असलेलें साम्य दिसून येईल.

केप्लर याच्या दुसऱ्या नियमाप्रमाणें अगदीं वर्तुळाकार कक्षेत हिंडणाऱ्या ज्योतीचा वेग कायम राहतो आणि लंबवर्तुळाकार कक्षेतून हिंडणाऱ्या ज्योतीचा वेग सूर्याजवळच्या भागांत जास्त व सूर्यापासून दूरच्या भागांत मंद होतो. धूमकेतूची गति ज्यानीं अनुभविली आहे त्यांना या नियमाची सत्यता सहज पटेल. पहिल्या नियमाप्रमाणें हाही नियम लघुग्रहाच्या बाबतींत तंतोतंत खरा ठरला.

परिभ्रमणकाल आणि अंतरें यांच्या विषयींचा तिसरा नियमही असाच त्यांना लागू पडतो असे दिसून आलें.

हें सर्व सांगण्याची आवश्यकता भासली याचें कारण असें कीं, या अनेक मूलभूत सिद्धांतांचे आधार घेऊन गणितज्ञांनीं आकाशस्थ ज्योतींचे मार्ग व कक्षा निश्चित करण्यासंबंधींचे जे नियम बसविले त्यामुळें कांहीं काळपर्यंत वेध घेऊन एखाद्या ज्योतीची आकाशांतील भिन्न भिन्न स्थानें माहिती झाली तर तेवढ्यावरून संपूर्ण कक्षा निश्चित करतां येते. आणि त्यासाठीं फक्त तीन—कक्षेवरचे—बिंदु पुरे होतात हा नियम गाऊस यानें बसविला व त्या नियमाचा लघुग्रहांच्या शोधांत कसा विलक्षण उपयोग झाला त्याचा उल्लेख प्रारंभीं आलेलाच आहे.

लघुग्रहाचा शोध ज्या पद्धतीनें लागला त्या पद्धतीचा उगम व पाया या कक्षानिश्चितीकरणांत व कक्षांच्या नियमबद्धतेंत आहे. आणि कक्षांची नियमबद्धता माहिती नसती तर कदाचित् इतके लघुग्रह सांपडलेही नसते.

अठराव्या शतकाच्या मध्यकालीं विटेनबर्ग (जर्मनी) येथील टीटीअस या नांवाच्या विद्वानाना ग्रहांच्या कक्षांची मांडणी अमुक एका विशेष

प्रकारच्या आंकडेवारीनें लागलेली असावी असा संशय येत होता. अर्थात्, हा केवळ संशयच होता आणि त्या आंकडेवारीच्या बुडाशीं कांहीं सुटसुटीत नियम नव्हता हें उघड आहे. तरीपण मांडणी मनोरंजक होती. माहित असलेल्या सर्व ग्रहांच्या कक्षा टीटीअस यांच्या कल्पनेनुसार बरोबर जुळल्या आणि फक्त एकच जागा अशी आढळली कीं, तेथें एखादी ग्रहकक्षा असावयास पाहिजे होती, परंतु वस्तुस्थितींत त्या कक्षेवर ग्रह मात्र उपलब्ध नव्हता! 'रसायनशास्त्रांतील मेंडेलीएफ यांच्या कोष्टकांत हुबेहुब असाच प्रकार झाला होता. परमाणूंच्या गुण-धर्मांवरून तयार केलेल्या कोष्टकांत कांहीं स्थानांवर विशिष्ट गुणधर्मांचे परमाणु असावयास पाहिजे होते, परंतु तसले परमाणु त्यावेळीं रसायन-शास्त्राला माहित नव्हते. अर्थात् पुढें संशोधनाचीं साधनें वाढल्यावर नेमके त्याच मोजलेल्या जागेवर अवश्य होते त्या गुणधर्मांचें परमाणु सांपडले' हा एक रसायनशास्त्रांतील मोठा मनोरंजक व उद्बोधक भाग आहे. ज्योतिषशास्त्रांत अशीच परिस्थिति झालेली होती. टीटीअसच्या ओबडधोबड सांगाड्याला 'बोडे' या विद्वानांनीं १७७२ सालीं जरा चांगलें व नियमित स्वरूप दिलें व तेव्हापासून त्या सांगाड्याला—आराखड्याला—'बोडे यांचा कक्षाविषयक नियम' असें म्हणण्याचा प्रघात पडला. गणिताच्या दृष्टीनें हा नियम नव्हे येवढें स्पष्ट सांगणें अवश्य आहे. कारण या नियमाला गणिताचा शुद्ध पाया नाहीं आणि त्याला कांहीं अपवाद आहेत. असें असलें तरी हा नियम मजेदार व उपयुक्त आहे, यांत शंका नाहीं आणि म्हणूनच त्याचा येथें विस्तारानें उल्लेख करावा लागत आहे.

नियम बसविण्यासाठीं खालीलप्रमाणें आंकडे लिहावे:—

०, १, २, ४, ८, १६, ३२, ६४, १२८.

(शून्य सोडून दिलें तर बाकीच्या आंकड्यांत पुढचा आंकडा मागच्या आंकड्याच्या दुप्पट आहे.)

या आंकड्यांना प्रत्येकीं तिहीनीं गुणावें, म्हणजे असा क्रम येतो.

०, ३, ६, १२, २४, ४८, ९६, १९२, ३८४.

त्या प्रत्येकांत ४ मिळवावे,

४, ७, १०, १६, २८, ५२, १००, १९६, ३८८.

आणि सुटसुटीतपणा येण्यासाठीं या आकड्यांना १० नी भागावें म्हणजे तृतीय स्थानीं १ हा आंकडा येईल.

०·४, ०·७, १·०, १·६, २·८, ५·२, १०·०, १९·६, ३८·८.

पृथ्वीचें सूर्यापासूनचें सरासरी अंतर १ अशी कल्पना केली तर बाकीचे सर्व आंकडे अनुक्रमानें माहित असलेल्या सर्व ग्रहांचे सूर्यापासून सरासरी अंतराचें प्रमाण दर्शवितात असें दृष्टीस पडतें. वास्तविक अंतरें अशीं आहेतः—

सूर्य—बुध,	शुक्र,	पृथ्वी	मंगळ	?	गुरु	शनि	युरेनस	नेपच्यून
००·३९	०·७२	१·०	१.५२	२·६५	५·२०	९·५४	१९·१९	३०·७

बोडे यानीं नियम बसविला त्यावेळीं २·८ या अतरावर कोणत्याही माहित असलेल्या ग्रहाची कक्षा नसल्यामुळें ज्योतिषांना फार अस्वस्थता वाटत होती. वेध घेण्यांत कांहीं दृष्टिदोष तर नसेल अशा समजुतीनें ‘ व्हान त्झाक ’ यानें १८०० सालीं आपल्या इच्छेनुरूप व आपल्या खर्चानें ठिकठिकाणच्या प्रसिद्ध ज्योतिषांना आपापल्या वेधशाळांतून आकाशांतलि त्या एका विशिष्ट कक्षामार्गावर—म्हणजे २·६५ या जागीं—जारीनें वेध घेण्यास लावलें. हा उपक्रम इतका विलक्षण वाटला कीं, त्या ज्योतिषांना त्यावेळीं आकाशांतलि पोलीस अशी संज्ञा देण्यांत आली. चोराचा मार्ग माहित आहे आणि त्या मार्गावर तो केव्हां ना केव्हां तरी येईलच अशा

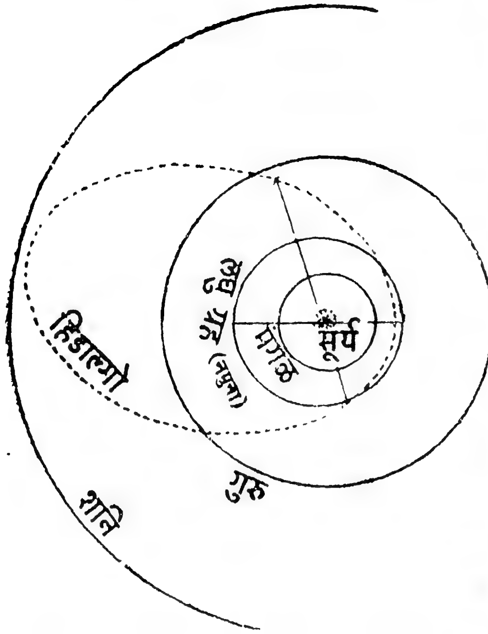
अपेक्षेनें चोराची कसोशीनें त्या मार्गावर वाट पहात राहण्यासारखा हा प्रकार होता म्हणूनच पोलीस ही संज्ञा सार्थ होती असें म्हणावयास हरकत नाहीं. आणि योगायोग असा कीं, या विलक्षण प्रयत्नाला पूर्णपणें यश प्राप्त झालें. पिआत्झी यांना १८०१ मध्यें सेरेस हा लघुग्रह कसा आढळला त्याची हकीकत अगोदर सांगितलेली आहे बाकीचे बहुतेक लघुग्रह या-बोडे यांनीं निश्चित केलेल्या—२.८ कक्षेच्या आसपास आहेत येवढें सांगितलें म्हणजे सध्या त्या नियमाची ओळख पटण्यास पुरेसें आहे. युरेनस, नेपच्यून या ग्रहांच्या बाबतींत तो नियम निकामी ठरला आणि प्लुटो याच्या बाबतींतही तोच प्रकार झाला. अर्थात् गणिताचा व शास्त्राचा पाया नसलेल्या आडाख्याला नियम म्हणून संबोधिलें तरी तो शास्त्रीय नियम थोडाच ठरणार आहे !

एका कक्षेच्या आसपास असंख्य लहान लहान लघुग्रह फिरत असल्या-मुळें साहजिकच अशी कल्पना आली कीं, पूर्वी त्या मार्गावर फिरत असणाऱ्या एखाद्या—आपणांस माहीत नसलेल्या—ग्रहाचा स्फोट झाला व त्यांतून हे सर्व लघुग्रह बाहेर पडले व त्याच कक्षामार्गावर फिरूं लागले. ही उपपत्ति शास्त्राला पटण्यासारखी नाहीं आणि वस्तुस्थितीलाही धरून नाहीं. कदाचित् एखाच ग्रहाचे निरनिराळ्या वेळीं तुकडे पडून निरनिराळे लघुग्रह बाहेर पडले असावेत अशीही दुसरी एक कल्पना आहे. ही कल्पना बऱ्याच प्रमाणात शक्य वाटण्यासारखी आहे परंतु तिच्यांतही सत्याचा कांहीं अंश नसावा अशीच विचारसरणी सध्या मान्य झाल्यासारखी आहे.

लघुग्रहांची संख्या, त्यांच्या कक्षा, त्यांचे पुंज, आकारमान वगैरे संबंधीं माहिती.

फोटोग्राफ घेण्याच्या साधनांनीं युक्त असलेल्या दुर्बिणींच्या साहाय्यानें अमेरिकन वेधशाळांतून लघुग्रहांचे व्यास निश्चित करण्याचे पुष्कळ प्रयत्न

झाले. त्यावरून सीरेस–४८० मैल, पालास–३०६ मैल, वेस्टा–२४१ मैल व युनो–१२१ मैल व्यासाचे आहेत ही गोष्ट आतां माहित झालेली आहे.



आकृति २३. [लघुग्रह कक्षा]

हे साधारण मोठ्यांपैकीं चार लघुग्रह आहेत. चंद्राचा व्यास २१६० मैल असतो यावरून व सोबतच्या हिंदुस्थानच्या नकाशावरून लघुग्रहांच्या आकारमानाची सापेक्षरीत्या साधारण कल्पना येईल. बरेचसे, किंबहुना बहुतेक सर्व लघुग्रह ५० मैलापेक्षा मोठे नाहींत आणि कांहीं तर ३–४ मैल लांबरुंद येवढे लहान आहेत.

लघुग्रहांचा आकार लहान असून त्यांना स्वयंप्रकाश नसल्याकारणानें रात्रीच्या आकाशांत ते अगदींच पुसट दिसतात. १० व्या प्रतिचे तारे जेवढे दिसतात तेवढेच मोठाले लघुग्रह दिसतात म्हणजे नुसत्या डोळ्यानें ते कधींच दिसत नाहींत. एखाद्या पदार्थावरून सूर्यप्रकाश परावर्तित होत असेल तर त्यावर पडलेल्या प्रकाशाचा जेवढा हिस्सा परावर्तित होतो त्या अपूर्णांकाला ‘ आल्बेडो ’ (प्रतिक्षेप) अशी संज्ञा आहे. चंद्राचें उदाहरण घेतल्यास असें दिसून येतें कीं सूर्याचा जेवढा प्रकाश चंद्रावर पडतो त्यांतील फक्त शेंकडा ७ प्रकाश चंद्राच्या पृष्ठभागावरून परावृत्त होतो; म्हणजे ९३ टक्के प्रकाश गडप होतो. चंद्राचा ‘ आल्बेडो ’ (प्रतिक्षेप) ०·०७ असतो असें म्हणण्याचा प्रघात आहे.

कोणत्याही ग्रहाच्या प्रतिक्षेपावरून त्या ग्रहाच्या पृष्ठभागाच्या खडबडीत किंवा गुळगुळीत पणाचा चांगला अंदाज होऊ शकतो. अर्थात् पदार्थाचा

पृष्ठभाग सर्व ठिकाणीं अगदीं एकसारखा नसतो तरी प्रतिक्षेप या अपूर्णांकावरून खडबडीतपणाची सरासरी कल्पना येते. आपल्याला माहित असलेल्या पदार्थांपैकीं ज्याचा प्रतिक्षेप अपूर्णांक ०.०७ येवढा आहे असा पदार्थ म्हणजे पृथ्वीवरील काळसर खडक. या माहितीवरून चंद्राचा पृष्ठभाग काळसर खडकासारखा आहे असा निष्कर्ष निघू शकतो, आणि तो वस्तुस्थितीशीं विसंगत नाहीं असें अनुभवास आलेलें आहे. बुधाचा प्रतिक्षेप $\frac{७}{१००}$, मंगळाचा $\frac{१५}{१००}$ आहे. निरनिराळ्या लघुग्रहाचे प्रतिक्षेप ७ ते १५ शंभरांश येवढ्या मर्यादेंत असल्याकारणानें त्यांच्या पृष्ठभागाचा खडबडीतपणा वरील ग्रहांच्या खडबडीतपणाशीं बरोबरी करतो असें अनुमान काढतां येते.

प्रतिक्षेप या अपूर्णांचा दुसरा एक महत्त्वाचा उपयोग आहे. हा अपूर्णांक माहित झाला तर लघुग्रहाची कक्षा व तो पृथ्वीच्या जास्तीत जास्त जवळ आला असतां त्याची चकाकी, यांची मोजदाद करून लघुग्रहाचा व्यास केवढा असावा याबद्दल तर्क करता येतो.

लघुग्रह अगदीं गोलाकार नाहींत, शिवाय त्यांना चंद्रशुक्रासारख्या कला प्राप्त होतात, याकारणानें त्यांच्या प्रकाशांत पुष्कळ प्रमाणांत फेरफार झाल्याचें दृष्टीस पडतें.

वेस्टा हा सर्व लघुग्रहांत—आकारानें सीरेसपेक्षां लहान असून सुद्धां—जास्त प्रकाशमान आहे. तो योग्य प्रसंगीं नुसत्या डोळ्यांनीं दिसूं शकतो, परंतु एरव्हीं दुर्बिणींतूनच पहावें लागतें.

लघुग्रहांचे आकार लहान आहेत. सर्व लघुग्रहांची वस्तु एकत्र केली तरी ती मंगळाच्या वस्तुएवढी होत नाहीं. आणि ही गोष्ट महत्त्वाची आहे. कारण तसें नसतें वर क्वचित्प्रसंगीं सर्व लघुग्रहांच्या वस्तुसमुच्चयामुळें मंगळांच्या कक्षेंत बिघाड होऊं शकला असता. सर्व लघुग्रह मिळून पृथ्वीच्या $\frac{१}{१०००}$ एवढीच वस्तु त्यांच्यांत आहे.

उत्पत्ति कशी झाली याचा विचार पूर्णपणें झाला नसला तरी लघुग्रहाची रचना त्यांतील द्रव्यें बहुधा पृथ्वींतील द्रव्याप्रमाणेंच असावीं असें मानण्यास फारशी अडचण येत नाहीं. ‘ सीरेस ’ ह्या लघुग्रहाचें वस्तुमान पृथ्वीच्या $\frac{१}{८२००}$ आहे. त्याचा वेग सेकंदास ०–४ मैल एवढाच असावा. बाकीच्या लघुग्रहाची घनता व वेग बरेच कमी असल्यामुळें त्याच्यावर प्रखर गुरुत्वाकर्षणाचा अभाव असतो व त्यामुळेंच त्यावर कसलेंही वायूचें आवरण—ज्याला आपण वातावरण म्हणतों तसें—असणें शक्य दिसत नाहीं.

भ्रमणाची दिशा, कक्षा, कक्षापातळी व कल

लघुग्रह सूर्यकुलांतीलच घटक असल्याकारणानें आणि इतर ग्रहांशीं त्यांचें बरेंच साम्य असल्यामुळें त्यांचेच नियम लघुग्रहांना बहुतांशीं लागू पडतात. त्यांच्या कक्षा दीर्घवर्तुळाकार असून बहुतेक लघुग्रहांच्या कक्षा बोडे यांच्या आराखड्याबरहुकूम मंगळ आणि गुरु यांच्या कक्षांच्या मधल्या योग्य जागीं आढळतात. भ्रमणाची दिशाही इतर ग्रहांप्रमाणेंच आहे. कांहीं धूमकेतू सूर्यमालेचे घटक असूनसुद्धा उलट दिशेनें फिरतात असें माहित झालेलें आहे, तरी लघुग्रहांत असा अपवाद अद्यापि आढळलेला नाहीं. कित्येक लघुग्रह दुसऱ्याच एका बाबतींत अपवादात्मक आहेत. त्यांच्या कक्षा वर्तुळाकार तर नाहींत आणि दीर्घवर्तुळाकारसुद्धां नाहींत. त्या धूमकेतूंच्या कक्षांप्रमाणें अतिशय दीर्घवर्तुळाकार आहेत. त्याकारणामुळें हे लघुग्रह क्वचित् प्रसंगीं आपल्या कक्षामार्गावर असूनसुद्धां गुरूच्या कक्षेच्या बाहेर जातात त्याचप्रमाणें मंगळाच्या कक्षेच्या आंतल्या बाजूला सूर्याच्या अगदीं जवळ येतात. सोबतच्या चित्रावरून या कक्षा–वैचित्र्याची नीट कल्पना येईल.

कक्षाची पातळी क्रांतिवृत्ताशीं जो कोन करते त्याला कल म्हणतात. बहुतेक ग्रह क्रांतिवृत्तांत फिरतात. त्यांचा कल फारच थोडा असतो.

लघुग्रहांची स्थिति जरा निराळी आहे. त्यांच्या कक्षा जास्त कललेल्या सांपडतात. चित्रावरून दिसून येईल कीं, बरेचसे लघुग्रह क्रांतिवृत्ताबाहेर फिरतात. लघुग्रहांची लंबवर्तुळाकार कक्षा आणि क्रांतिवृत्ताशीं असलेला मोठा कल या दोन्ही कारणामुळें तें पृथ्वीच्या फार जवळ येऊं शकतात. वेध घेण्याच्या दृष्टीनें ही गोष्ट फार सोईची असते. क्वचित् प्रसंगीं लघुग्रहाचें पृथ्वीपासूनचें अंतर फक्त ६० लक्ष मैलांयेवढेंच असूं शकतें. १९३२ H A हा लघुग्रह शुक्राच्या कक्षेच्या पलीकडे सूर्याजवळ जातो, कारण त्याची केंद्रच्युति ०.५६ इतकी आहे. ‘ इरोस ’ नांवाचा लघुग्रह १८९८ मध्यें २३० लक्ष मैलांवर आला होता. १९३२, १९४० मध्यें सांपडलेल्या ‘ आरोरा ’ नांवाच्या लघुग्रहाबद्दल अशी माहिती उपलब्ध झालेली आहे कीं त्या मधल्या काळांत त्यानें सूर्याभोंवतीं तीन प्रदक्षिणा पुऱ्या केल्या होत्या. ‘ आपोलो ’ नांवाचा लघुग्रह १९३२ सालीं पथ्वीच्या जवळून ३० लक्ष मैलांवरून येऊन गेला. हर्मीस हा लघुग्रह १९३७ सालीं पृथ्वीपासून ४ लक्ष ८५ हजार मैलांवरून गेला होता.

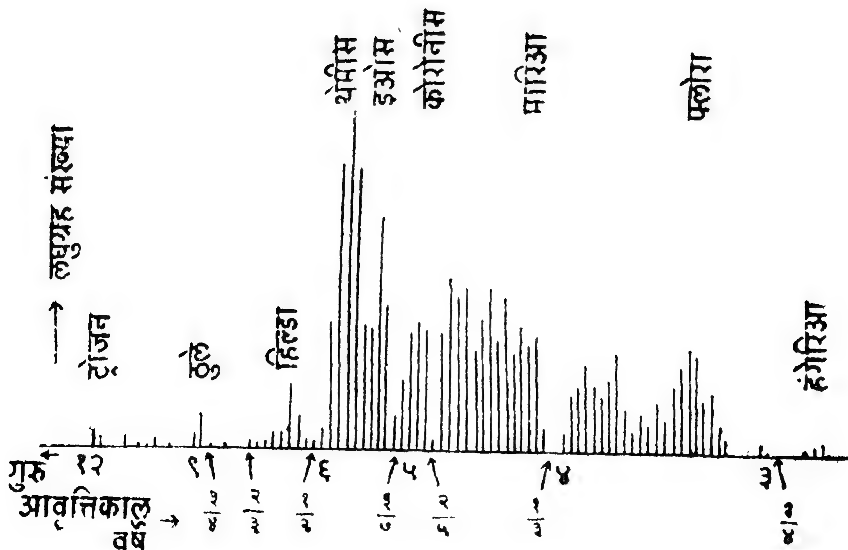
आडोनीस, आपोलो व हर्मीस हे तीन लघुग्रह आतापर्यंत फक्त एक दोनदांच दृष्टीस पडले. ते फारच लहान आकाराचे आहेत. त्यांचा व्यास केवळ दोन किंवा तीन मैलांएवढाच असल्याकारणानें ते आपल्या पृथ्वीच्या अगदीं जवळ आल्याखेरीज दुर्बिणींतूनहि दृष्टीस पडावयाची आशा नाहीं.

कोट्यवधि मैलांवरून भ्रमण करणारे आणि क्वचित् प्रसंगीं पृथ्वीच्या शेजारून (?) जाणारे हे “ धांवते दगड ” एखादे वेळीं पृथ्वीशीं टक्कर देणार नाहींत कशावरून, असा प्रश्न उभा राहतो. सूर्यमालेंतील ग्रहांच्या कक्षा एकमेकास काटीत नाहींत, तरी लघुग्रहांच्या कक्षा फार लंबवर्तुळाकार असल्यामुळें काटतात म्हणून ही भीति असते. पृथ्वीचा व्यास ८००० मैल आहे. पृथ्वीशेजारून १० लाख मैलांवरून येणारा “ धांवता दगड ”

(लघुग्रह) पृथ्वीवर आदळण्याचा संभव फार थोडा आहे. त्याशिवाय त्यांच्या कक्षा प्रदीर्घ वर्तुळाकार आणि क्रांतिवृत्ताशीं कललेल्या असल्यामुळे टक्कर होण्याचा संभव फारच कमी आहे.

लघुग्रहांच्या कक्षांची मांडणी

बोडे यांच्या नियमानुसार बहुतेक लघुग्रह मंगळ व गुरु यांच्या कक्षांमधल्या—म्हणजे पृथ्वीच्या सूर्यापासूनच्या—२·८ अंतरावर फिरत असतात. एकंदर ३००,०० लहानमोठे लघुग्रह असावेत असा अंदाज आहे. ते सर्व काहीं अद्यापि सांपडलेले नाहींत. या सर्व लघुग्रहांच्या कक्षा २·८ कक्षेवर नसून थोड्या आत आणि थोड्या बाहेर अशा पट्ट्यावर पसरलेल्या आहेत. त्या कक्षांची मांडणी मोठी विलक्षण आहे. काहीं ठिकाणीं लघुग्रह कक्षांची दाटी आहे व काहीं जागीं कोणताच लघुग्रह फिरत नाहीं. लघुग्रहांच्या कक्षांचे असे गट झाले आहेत व ते सोबतच्या चित्रांत दाखविल्याप्रमाणें आहेत.

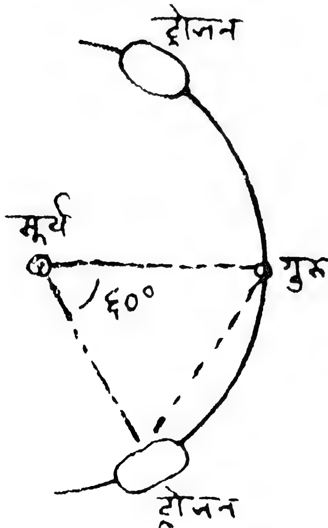


आकृति २४.

कक्षा ठराविक गटांत बसतात. त्याला मुख्य कारणें दोन—एक सूर्य व दुसरा गुरु. सूर्याभोंवतीं केप्लरच्या नियमानुसार सर्व लघुग्रहांनीं दीर्घ वर्तुळाकार कक्षेत फिरलें पाहिजे हें योग्य असलें, तरी गुरूचा अंमल मोठा असून कोणच्या लघुग्रहाची कक्षा कोठें असावयाची हें ठरविण्याची कामगिरी मुख्यत्वें गुरुकडे येते.

चित्रांत दर्शविलेल्या उभ्या रेषा लघुग्रह संख्येच्या प्रमाणांत आहेत. आडव्या रेषेवरचे आकडे आवृत्तिकालाचे आहेत. गुरूचा परिभ्रमण काल १ आहे अशी कल्पना केली तर असें दिसून येते कीं $\frac{१}{२}$, $\frac{१}{४}$, $\frac{१}{३}$, $\frac{१}{५}$ अशा सुटसुटींत अपूर्णांकी आवृत्तिकालाच्या जागीं लघुग्रहाच्या कक्षांचा संपूर्ण अभाव आहे. इतर जागी त्या कमी अधिक प्रमाणांत आढळतात. $\frac{२}{५}$, $\frac{३}{५}$, $\frac{४}{७}$ हेहि अपूर्णांक अगदीं तेथें नसले तरी गुरूच्या परिभ्रमण-कालाच्या त्या भागाच्या जागेवर लघुग्रहकक्षा फार विरळपणनें आढळतात. अशा रीतीनें विशिष्ट प्रकारचे कक्षापुंज तयार होण्याचें कारण ध्वनिशास्त्रांतील " नाद " (संवाद) ज्यांना माहित आहे त्यांच्या सहज ध्यानांत येईल. गुरूचा एक वेढा व लघुग्रहाचा एक वेढा होण्याचा काळ एकच असेल तर विशेष कांहींच घडत नाहीं. परंतु गुरूचा एक वेढा होतांना लघुग्रहाचे दोन वेढे होत असतील तर गुरूचा लघुग्रहाच्या कक्षेवर परिणाम होण्याची संधि दोनदा निर्माण होते. अपूर्णांक सुटसुटीत नसेल तर वाद उत्पन्न होण्याचा संभव कमी असतो. 'संवाद' (पर्याय) झाला म्हणजे लघुग्रह त्या कक्षेवर राहू शकत नाहीं. तो तेथून हाकलला जातो. चित्रांत कोणत्या जागीं कक्षा फार कमी आहेत तें पाहिलें म्हणजे वरील गोष्ट ध्यानांत येईल. गुरुच्या अस्तित्वामुळें आणि सान्निध्यामुळें लघुग्रहांच्या कक्षांवर कसें नियंत्रण पडतें, तें चित्रांतील कक्षापुंजावरून स्पष्ट होतें.

कक्षामार्ग ठरविले जातात त्या कारणापैकीं गणितांत एक नियम प्रसिद्ध आहे, त्याचें नांव "तीन वस्तूंचा नियम." कोणत्याही दोन धांवत्या वस्तु परस्पराच्या आकर्षणात सापडल्या तर त्यांच्या कक्षा कशा प्रकारच्या असतात, हें केप्लरच्या नियमानें माहित झालेलें आहे. परंतु तीन फिरत्या वस्तु एकमेकांच्या आकर्षणांत आल्या, तर त्यांच्या कक्षा कशा ठरतात, हें अद्यापि नीटसें माहित झालेलें नाहीं. फक्त कांहीं विशिष्ट परिस्थितींत असलेल्या वस्तूंविषयींच हा प्रश्न सुटलेला आहे. त्यांतली एक परिस्थिति, जेव्हां तिन्ही वस्तु एका समभुज त्रिकोणाच्या टोकांवर येतात, तेव्हां उत्पन्न होते. 'सूर्य, गुरु आणि लघुग्रह हे जर तिन्ही मिळून एक समभुज त्रिकोण बनवीत असतील आणि लघुग्रहाचा प्रारंभींचा वेग जर अमुक एका मर्यादेंत असेल तर हे सर्वजण सतत समभुज त्रिकोणाच्या टोंकाशींच राहतील' असा नियम सिद्ध करतां येतो. चित्रांत स्पष्टीकरण दिलेलें आहे.



आकृति २५.

कांहीं लघुग्रह वरील प्रकारचे आहेत. अर्थात् समभुज त्रिकोणावर यावयाचे म्हणजे त्या लघुग्रहाची कक्षा आणि आवृत्तिकाल गुरुएवढाच असावा लागतो, हें उघड आहे. आणि एकदां त्या दोघांचा सूर्याशीं समभुज त्रिकोण झाला म्हणजे तो लघुग्रह कायमचा गुरुकक्षेंत अडकला जाऊन गुरूच्या पुढें किंवा मागें ठराविक अंतरावरच असावा लागतो अशा प्रकारचे जे लघुग्रह सांपडले, त्यांना 'ट्रोजन' असें नांव देण्यांत आलें आहे.

लघुग्रहांची उत्पत्ति कशी झाली असावी ?

उत्पत्तीविषयींचे तर्क निरनिराळ्या प्रकारच्या आधारावर उभारण्यांत येतात. हे आधार साधारणपणें खालील प्रकारचे आहेत. लघुग्रहांचे प्रकाश सारखे कमी जास्त होत असतात. सर्व लघुग्रह निरनिराळ्या पातळींत भ्रमण करतात. बहुतेकाच्या कक्षा साधारणपणें वर्तुळाकार आहेत, कांहींच्या लंबवर्तुळाकार आहेत व कांहींच्या धूमकेतूंच्या कक्षेप्रमाणें अगदींच लंबवर्तुळ कार आहेत. सर्व लघुग्रह एका विशिष्ट कक्षेच्या पट्ट्यावर एकवटलेले आहेत.

या सर्व आधारावर उभारलेली लघुग्रहाची उत्पत्तिविषयक उपपत्ति अर्थात् अगदीं सुटसुटीत आणि सोपी असणार नाहीं हें उघड आहे. ग्रहमाला ज्या कारणामुळें उत्पन्न झाली असें आज मानण्यांत येतें, त्याच कारणामुळें लघुग्रह उत्पन्न झाले असें मानणें योग्य ठरतें. तरीसुद्धां उत्पत्तीच्या निरनिराळ्या कल्पना उद्बोधक आहेत, त्यांचा थोडक्यांत उल्लेख करणें योग्य होईल.

प्रकाश कमी जास्त होण्यांत एक नियम आहे व त्याला एक आवृत्तिकाळ आहे असें अनुभवास आलेलें आहे. प्रकाश कमीजास्त होण्याचा आवृत्तिकाल फारच लहान आणि नियमित असल्यामुळें असा तर्क निघतो कीं, ते लघुग्रह स्वतःभोंवतीं भ्रमण करीत आहेत व त्यांचा आकार अगदीं गोल नसून वेडावाकडा आहे. परावर्तित प्रकाशाचें मान सदैव सारखेंच असतें, त्यावरून निरनिराळ्या लघुग्रहांच्या पृष्ठभागांची रचना (खडबडीतपणा) निरनिराळी नाहीं. लघुग्रह ज्यावेळीं कशापासून तरी विलग झाले असतील, त्यावेळीं ते लिबलिबीत किंवा द्रवरूपी नसावेत; कारण तसे असते तर भ्रमणगतीमुळें त्यांना पूर्ण गोल असे आकार प्राप्त झाले असते. परंतु प्रारंभींच वांकडेतिकडे आणि घनावस्थेंत असल्यामुळें भ्रमणानेंसुद्धां त्यांना गोलाकार प्राप्त झाला नाहीं.

उत्पत्तिसंबंधीं अशी एक कल्पना आहे कीं, ज्याकाळीं लघुग्रह प्रथमतः कोणत्यातरी दुसऱ्या मोठ्या ग्रहाच्या तावडींत सांपडून आपल्या सूर्यमालेंत आले व इतर ग्रहाप्रमाणें सूर्यासभोंवतीं फिरूं लागले, त्याच्या अगोदरच ते कोणत्यातरी एका मोठ्या ज्योतीचे, फुटलेले व छिन्नविछिन्न झालेले, अनियमित आकाराचे, घनावस्थेंतील तुकडे होते. कल्पनेंतील पहिला भाग स्पष्ट नसला तरी दुसरा भाग उघड आहे.

लघुग्रह तयार होण्यासाठीं जो अपघात झाला तो केव्हां झाला, हें ठरविणें अवघड आहे आणि लघुग्रह कशांतून बाहेर पडले, तेंहि ठरविणें तितकेंच अवघड आहे. लघुग्रहांची सर्वसाधारण कक्षा लक्षांत घेतां त्यांचा उत्पत्तिकाल कोट्यवधि वर्षांपूर्वीचा असला पाहिजे असें मानावें लागतें.

आणखी एक कल्पना अशी आहे कीं, 'बोडे' याच्या नियमाप्रमाणें एक अज्ञात ग्रह प्राचीनकाळीं सध्याच्या लघुग्रहांच्या कक्षेंत फिरत होता आणि कांहीतरी कारणानें त्याचा स्फोट होऊन त्यांतून लहान मोठे असंख्य लघुग्रह बाहेर पडले. स्फोट होण्यास काय कारण झालें असावें याबद्दल नीटसा तर्क करतां येत नाहीं. एकंदरीनें पाहतां एका ग्रहांतून स्फोटामुळें सगळे लघुग्रह बाहेर पडले, हे गणितदृष्ट्या शक्य वाटत नाहीं. जर सर्व लघुग्रह एका स्फोटांतून बाहेर पडले तर त्या सर्वांच्या कक्षा एका बिंदूतून गेल्या असत्या, परंतु वस्तुस्थिति तशी नाहीं.

उत्पत्तिसंबंधीची दुसरी एक कल्पना अशी आहे कीं, स्फोट एकदांच झाला नसून निरनिराळ्या कालांतरानें व निरनिराळ्या ठिकाणीं लहानमोठे स्फोट झाले. कल्पनेमुळें कक्षांची विविधता या समजण्यासारखी असली तरी असे वारंवार स्फोट होण्याला गुरूच्या कक्षेंत (आकर्षणांत) कोणकोणत्या ज्योति केव्हां केव्हां आल्या, हा प्रश्न शिल्लक राहतोच.

कित्येक लघुग्रहांच्या कक्षा अत्यंत लंबवर्तुळाकार असून त्यांचें

धूमकेतूंच्या कक्षांशीं फार साम्य आहे. या गोष्टीवरून लघुग्रहांचा उगम धूमकेतूंत असावा अशी कल्पना करण्यांत येते. परंतु धूमकेतु व लघुग्रह यांचें आकारमान आणि रचना लक्षांत घेतां याहि प्रकाराची शक्यता वाटत नाहीं.

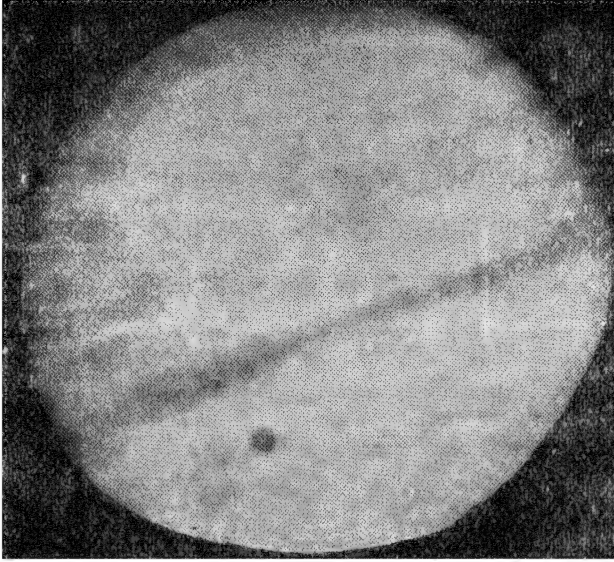
लघुग्रहांच्या उत्पत्तिसाठीं कांहीं निराळेंच कारण असणें संभवत नाहीं. तेव्हां पृथ्वी, मंगळ, गुरु, शनि इत्यादि ग्रह ज्या प्रकारानें उत्पन्न झाले; त्याच प्रकारानें लघुग्रहसुद्धा उत्पन्न झाले असावे ही एकच कल्पना अखेरीस शिल्लक राहते.

लघुग्रहांच्या भ्रमणपातळीचा विचार करतां असें दिसून येतें कीं ते एका स्फोटांतून निघालेले नाहींत, तर वेळोवेळीं सायकलच्या फिरत्या चाकावरून चिखलाचे लचके उडतात तशासारखे सुटून निघाले असावेत. सर्व सूर्य-कुल एकाच वेळीं उत्पन्न झालें असतें तर सर्व ग्रहांच्या व लघुग्रहांच्या भ्रमणपातळ्या क्रांतिवृत्तांत बसल्या असत्या. परंतु फुटण्याची क्रिया निरनिराळ्या वेळीं झाल्यामुळें त्या त्या परिस्थितीला अनुकूल अशी भ्रम-णाची पातळी निश्चित झाली हें उघड वाटतें.

उल्का आणि लघुग्रह यांचा उगम एकाच ठिकाणाहून झाला असावा अशी एक कल्पना प्रचारांत आहे. उल्का सर्व आकाशांत पसरलेल्या आढळतात. लघुग्रह फक्त एका विवक्षित कक्षामार्गावर असतात; तेव्हां त्यांच्या उगमाचा आणि उल्कांच्या उगमाचा परस्पर कांहीं संबंध नाहीं, असा निष्कर्ष काढणेंच इष्ट होईल.

गुरु—सूर्यकुलांतले वडे भाई : ८

प्रास्ताविकः—आपल्या सूर्यकुलांतील ग्रहांचे स्थूलमानानें दोन भाग पाडतां येतील. पहिल्या भागात बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ आणि प्लूटो यांचा समावेश करतां येईल आणि दुसऱ्या भागांत गुरु, शनि, युरेनस आणि नेपच्यून यांचा अंतर्भाव होईल. लघुग्रह हे आकारानें फारच लहान असल्यामुळें त्यांचा येथें विचार न केला तरी चालण्याजोगें आहे. त्यातल्या पहिल्या भागांतल्या ग्रहांचें पृथ्वीशीं बरेंच साम्य आहे. दुसऱ्या भागांतले सर्व ग्रह आकारानें पृथ्वीपेक्षा फारच मोठे आहेत. त्यांतही गुरु फारच मोठा—सूर्याखालोखाल तो सूर्यकुलात आकारानें मोठा—असल्यामुळें सूर्य-कुलांतला तो वडीलधारा घटक आहे असें म्हणण्यास हरकत नाहीं. आपल्याकडे गुरु शब्दाचा अर्थ देखील वडील, पिता, पूर्वज, पूजनीय व्यक्ति असा आहे. गुरूला बृहस्पति, सुराचार्य, गीष्पति, धिषण, आंगिरस, जीव, वाचस्पति, चित्र, शिखंडिज इत्यादि लौकिक नांवें असून फलज्योति-षांत तो ईज्य या नांवानेंही ओळखला जातो. गुरूविषयीं संस्कृत वाङ्मयांत अनेक उल्लेख आढळतात. पुष्य नक्षत्राला गुरु म्हणून संबोधिलें असून मीन राशीस गुरुभ असेंही म्हटलेलें आढळतें. पुराणांत गुरूविषयीं एक कथा आढळते. ती अशी कीं, गुरुची पत्नी तारा एकदां आपले केंस वाळवीत एका तलावाकांठच्या खडकावर बसली असतांना पाण्यांतलें तिचें प्रतिबिंब पाहून तिच्यावर चंद्र मोहित झाला आणि हंसला. त्यावर ताराही हंसली. म्हणून ती आपल्याला वश झाली अशा समजुतीनें चंद्रानें तिला पळवून नेली. तिच्या प्राप्तीसाठीं गुरुचंद्रांमध्यें मोठें युद्ध झालें. अखेरीस ब्रह्मदेवानें 'तुझ्या चारित्र्याला हा एक मोठा कलंकच लागला, तस्मात् तुझें शरीरही नेहमीं कलंकितच राहील' असा शाप दिला म्हणून चंद्रानें तारेचा नाद सोडून दिला.



आकृति २६.

गुरूचें दर्शनः--सूर्यापासून उत्तरोत्तर वाढत्या अंतराच्या क्रमानें पाहिल्यास गुरूचें स्थान सूर्यकुलांत पांचवें-सहावें असलें तरी आकारानें तो सर्व ग्रहांत मोठा आहे. त्यामुळें तो रात्रींच्या आकाशांत बराचसा तेजस्वी, पांडुरवर्णी दिसतो. पृथ्वीवरून त्याचें बिंब नेहमीं फुगीर, जवळजवळ वाटोळें दिसतें. त्याच्या लहान कला दिसत नाहींत. केवळ शुक्रच काय तो साधारणतः त्याच्यापेक्षा सुमारें एका प्रतीनें अधिक तेजस्वी दिसतो. सरासरीनें गुरूची तेजस्विता व्याधाच्या ५ पट भरते, आणि जेव्हां तो षड्भांतरीं असतो, म्हणजे पृथ्वीच्या एका बाजूला सूर्य आणि दुसऱ्या बाजूला गुरू अशी स्थिति येते, तेव्हां तर तो विशेषच प्रेक्षणीय असतो. सूर्याच्या अगदीं निकट तो गेला असेल तेवढा काळ वगळल्यास गुरूचें दर्शन रात्रीं केव्हां ना केव्हां तरी हटकून घडतें. सूर्याभोंवतीं फिरून यावयाला त्याला

सुमारें १२ वर्षे लागत असून सूर्यमार्गाची विभागणीही १२ राशींत केली गेली असल्यामुळें एकेक रास ओलांडून जावयाला त्याला सुमारें वर्षाभराचा अवधि लागतो. सुमारें ६० वर्षांत गुरूचे ५ फेरे होतात. म्हणून मोठ्या कालावधीचा निर्देश करण्याला सोयिस्कर अशी बार्हस्पत्य संवत्सर योजना पूर्वी एकेकाळीं विशेष प्रचारात होती. आज तिचे अवशेष आपल्याला आपल्या पंचांगांवरील प्रभव विभवादि वर्षनामांवरून पहावयास मिळतात.

गुरूची कथाः—गुरूचें सूर्यापासूनचें सरासरी अंतर ४८·४ कोटी मैल आहे. त्याच्या कक्षेची विमध्यता ०·०४८४ आहे. सूर्यापासून तो दूरांत दूर जातो, तेव्हा तो ५०·६ कोटी मैलांवर असतो आणि जवळांत जवळ असतो, तेव्हांचें त्याचें अंतर ४६·० कोटी मैलांचें असतें. सूर्याशीं तो षड्भान्तरीं असतो, तेव्हां पृथ्वीपासून त्याचें अंतर ३९·० कोटी मैलांचें असतें; आणि सूर्याशीं त्याचा योग (सूर्यसंवास) घडतो तेव्हां तो पृथ्वीपासून ५७·६ कोटी मैलांवर असतो. गुरु जेव्हां आपल्या कक्षेंत अपसूर्यबिंदूजवळ असतो, अशा वेळीं तो सूर्याशीं षड्भान्तरीं आला म्हणजे पृथ्वीच्या एका बाजूला सूर्य आणि तद्विरुद्ध बाजूला गुरु अशी स्थिति आली, तर त्यावेळीं आढळणाऱ्या त्याच्या तेजस्वितेपेक्षां, उपसूर्यबिंदूजवळील षड्भान्तरांत त्याची तेजस्विता ५०% नीं अधिक भासते. सूर्याभोंवतीं परिभ्रमण करीत असताना तो सेकंदाला सुमारें ८ मैलांच्या वेगानें जात असतो. ज्या कक्षेंतून हें परिभ्रमण चालू असतें, ती आपल्या आयनिक वृत्ताशीं सुमारें १°१८′ नीं कललेली असते. त्याचा नाक्षत्रकाल ४३३२·६ दिवसांचा म्हणजे सुमारें ११·८६ वर्षांचा असून, पृथ्वीच्या अनुरोधानें बोलावयाचें झाल्यास, एकदां षड्भान्तरीं आल्यापासून पुन्हां षड्भान्तरीं येण्याला, किंवा एकदां सूर्यसंवास घडून पुन्हां तो तसाच घडण्याला त्याला ३९९ दिवस लागतात.

गुरूचें स्वरूपः—गुरु जेव्हां पृथ्वीपासून दूरात दूर, सूर्यसंवासीं असतो, तेव्हाचा त्याचा दृश्य व्यास ३२″ असतो, त्यानंतर हा व्यास वाढतां वाढतां, गुरु जेव्हां षड्भान्तरीं येतो, तेव्हाचा व्यास ५०″ असतो. लहानशा दुर्बिणींतूनही त्याच्याकडे पाहिलें, तरी तो नारिंगाकृति दिसतो. त्याचा अक्ष-व्यास थोडासा दबलेला आणि विषुवाकडील बाजू थोडीशी फुगलेली आढळते. विषुवव्यासापेक्षा हा अक्षव्यास सुमारें $\frac{1}{17}$ नीं लहान आहे; म्हणजे मैलांच्या भाषेंत बोलावयाचें झाल्यास ते अनुक्रमें ८८,७०० आणि ८२,८०० मैल आहेत. त्याचा सरासरी व्यास पृथ्वीच्या ११ पट असल्यामुळें त्याच्या पृष्ठभागाचें क्षेत्रफळ आपल्या पृथ्वीच्या क्षेत्रफळाच्या सुमारें १२० पट आणि आकार सुमारें १३०० पट येतो. आकारानें तो बाकीच्या ग्रहांपेक्षां मोठा आहे, एवढेंच नव्हे तर बाकीचे सर्व ग्रह एकत्रित केले तरी त्या सर्वांहूनही तो मोठाच आहे.

गुरूला ११ उपग्रह आहेत त्यांचा उल्लेख पुढें यावयाचाच आहे. या त्याच्या उपग्रहांच्या गतीवरून आणि खुद्द गुरूच्या आकर्षणाचा जो परिणाम शनीच्या, कांहीं लघुग्रहांच्या, आणि धूमकेतूंच्या कक्षांवर घडतो त्यावरून, त्याचें वस्तुमान काढतां येतें. तें पृथ्वीच्या ३१८ पट आहे असें दिसून येतें. त्यावरून त्याची घनता पृथ्वीच्या $\frac{1}{4}$ इतकी येते. त्याच्या पृष्ठभागा-वरील गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या २·६४ पट असतें. विषुवाकडील अंगाला गुरु बराच फुगीर आहे आणि एकंदर आकारानेंही चांगला मोठा आहे हें वर सांगितलेंच आहे. त्याच्या परिवलनाचा विचार पुढें व्हावयाचा आहे. हें परिवलनही एकंदरींत झपाट्याचें आहे. यामुळें विषुवापासून जस-जसें उत्तर-दक्षिणेकडे जावें तसतसें गुरुत्वाकर्षण थोडें कमी होत जातें. दक्षिणोत्तर ध्रुवांवर तें विषुवाच्या ८५% असतें.

गुरूचें परिवलनः—पांच-सहा इंच व्यासाच्या एखाद्या दुर्बिणींतून गुरूकडे पाहिलें तर त्याच्या बिंबावर निदान दोन तीन तरी पट्टे आढळतात.

शनीकडे पाहिल्यावर त्याचीं वलयें जशीं त्याच्या बिंबाला न बिलगतां त्याच्यापासून थोडीं दूर असल्याचें दिसतें, तसें या पट्ट्यांच्या बाबतींत आढळत नाहीं. थोडी अधिक प्रभावी दुर्बीण घेऊन पाहिलें, तर आणखी लहान लहान पट्टे आढळतात, त्यांचे चित्रविचित्र फाटेफुटे बदलत असलेले दिसतात. चंद्र-बिंबावरच्या आकृति जशा कायम ठरल्याच्या दिसतात तसें येथें आढळत नाहीं. गुरूच्या विषुववृत्ताला, म्हणजे जो फुगीर भाग म्हणून सांगितला त्याला, हे पट्टे समांतर दिसतात. विषुववृत्तावर असलेला पट्टा चांगला तेजस्वी, पांढरा, असून तो चटकन् नजरेंत भरतो. कधीं कधीं तो पिंगटवर्णाचाही दिसतो. त्याच्या उत्तर-दक्षिणेकडच्या अंगाला दोन चांगले ठळक, तांबूस, पट्टे दिसतात; हे पट्टे कधीं कधीं विरळ होतात तेव्हां आंतल्या अंगालाही फिकट तांबूस पट्टेच आढळतात. ह्या पट्ट्याच्या क्षेत्रांतच अनेक पांढरे आणि तांबडे डागही आढळतात.

चांगल्या प्रभावी दुर्बिणींतून गुरूकडे पहात राहिल्यास तास दोन तासांच्या अवधीत त्याच्या दृश्यबिंबांत थोडा फरक पडलेला दिसेल. दुसऱ्या दिवशीं पाहिल्यास त्यातल्या पट्ट्यांत थोडासा फरक आढळेल. डाग किंवा ठिपके आढळतील. त्यांनींहि थोडें स्थानांतर केलेलें आढळेल. अनेक महिनेपर्यंत हे ठिपके ओळखतां येतात. निरनिराळ्या पट्ट्यांतल्या निरनिराळ्या ठिपक्यांकडे पहात राहिल्यास असें दिसतें कीं, सूर्याप्रमाणेंच गुरूवरहि निरनिराळ्या अक्षांशांना निरनिराळा परिवलनकाल आहे. विषुववृत्ताजवळ हा काळ ९ ता. ५० मि. २५ से. असून दक्षिणोत्तर ध्रुवाकडे तो ९ ता. ५५ मि. ४० से. असतो. हा जो परिवलनकालांत बदल होत असलेला दिसतो, तो दक्षिणेकडे किंवा उत्तरेकडे जसजसें जावें तसतसा प्रमाणशीरपणें होत असलेला दिसत नाहीं. विषुववृत्ताच्या उत्तरेकडील सुमारें २५° अक्षांशावरील पट्ट्यात तो अवघा ९ ता. ४९ मि.

चाच आढळतो. यावरून असें अनुमान काढावें लागतें कीं, पृथ्वीवर ज्याप्रमाणें निरनिराळ्या अक्षांशाच्या टापूंत निरनिराळे आर्तव वारे वाहतात, तसाच प्रकार गुरूवरील या पट्टयांच्या बाबतींतही बहुधा असावा. हे जे ठिपके म्हणून सांगितले, तेसुद्धा गुरूच्या पृष्ठभागावरील डोंगरादिकांसारख्या कायम ठरण्याच्या खुणा नव्हेत. तेही वातावरणांतलेच आविष्कार असून गुरूवर काहीं ठिकाणीं अधोगामी वायुस्रोत आणि इतर काहीं ठिकाणीं उद्गामी स्रोत असावेत. म्हणूनच बहुधा निरनिराळ्या ठिकाणीं निराळे परिवलनकाल येत असावेत. गुरूवर कायम ठरणाऱ्या काहीं खाणाखुणा असतील तर त्या अद्याप तरी आपल्या दृष्टीच्या टापूंत आलेल्या नाहींत.

गुरूवरील डाग—गुरूच्या बिंबांवर कांहीं अंशीं कायम असलेलीं अशी एक खूण आढळते ती म्हणजे त्यावरचा ‘ तांबडा डाग. ’ हा डाग प्रथम रॉबर्ट हूक यानें आपल्या २ इंची दुर्बिणींतून १६६४ सालीं पाहिला. १६६५–१६७२ च्या दरम्यान तो कॅसिनीनेंही पाहिला होता. म्हणून त्याला कधीं कधीं कॅसिनीचा डाग असेंहि म्हणतात. १८३१ सालांतली या डागाचीं काहीं चित्रें उपलब्ध आहेत. पण एकंदरींत त्याचा १८७८ त विशेष बोलबाला झाला. या वर्षीं तो प्रथम दिसला तेव्हां फिकट गुलाबी रंगाचा असून आकारानें बदामबीसारखा लंबगोलाकृति होता. जसजसा त्याचा आकार मोठा होऊं लागला आणि रंग विटकरी-सारखा तांबडा होऊं लागला, तसतसें त्याच्याकडे लोकांचें अधिकाधिक लक्ष वेधलें गेलें. त्याचा बृहदक्ष सुमारें ३०,००० मैल लांबीचा असून तो विषुववृत्ताला समांतर होता. लघुअक्षाची लांबी सुमारें ७००० मैल होती. १८७८ नंतर कांहीं काळ तो चांगला स्पष्ट दिसत होता. त्यानंतर तो हळूं हळूं अस्पष्ट होऊं लागला. १९२१ नंतर तो आतां अगदीं मंद झाला आहे; पण अद्यापही तो दिसतो. गेल्या ३०–४० वर्षांत

तो कधीं आपल्या सरासरी स्थानापासून २०,००० मैल पूर्वेला, तर कधीं तितकाच पश्चिमेला चळलेला आढळला आहे. दक्षिणे–उत्तरेकडीलही तो कित्येक हजार मैल जाऊन पूर्वस्थळीं आलेला आहे. गुरूच्या बिंबावरील इतर आविष्काराप्रमाणेंच या डागालाहि परिवलन असल्याचें आढळतें. त्याच्या जवळपासचे जे पट्टे आहेत, त्यापेक्षां या डागाला परिवलन घेऊन पूर्वस्थळीं यावयाला थोडा अधिक अवधि लागतो. चहूं बाजूंनीं समुद्रानें वेष्टिलेल्या ऑस्ट्रेलिया खंडाची उपमा या डागास कांहींशीं देतां येईल. फरक इतकाच कीं, ऑस्ट्रेलिया खंड हें स्थिर असून हा डाग अस्थिर आहे.

ह्या डागाचे निरनिराळया सहा वर्णांत निकाश घेतले गेले आहेत. अतीन्द्र आणि जांभळ्या वर्णांच्या प्रकाशांत तो काळा दिसतो. पिवळ्या आणि हिरव्या वर्णांत त्याची जागा ओळखतां येते. पण तांबड्या आणि उपारुण वर्णांच्या निकाशांत तो अजिबात उमटत नाहीं.

ह्या डागाची उपपत्ति अद्याप नीटशी लागलेली नाहीं.

या डागासारखाच दुसराहि एक गडद वर्णाचा आविष्कार थोड्याशा दक्षिणेकडच्या एका पट्ट्यांत असून तो 'विपुत्र दक्षिण प्रक्षोभ' म्हणून ओळखला जातो. तो १९०१ सालापासून दिसत आलेला आहे. आकारानें तो वरच्या 'डागा'पेक्षां लहान आहे, पण कधीं कधीं तो ४५,००० मैलांएवढ्या लांबीवर पसरलेला आढळतो. तांबड्या डागाला गांठतो, त्याच्याजवळून ताशीं सुमारें १६ मैलांच्या वेगानें पुढें जातो, हजारों मैलपर्यंत तो आपल्याबरोबर या 'तांबड्या डागा'ला खेंचून नेतो, आणि तो 'तांबडा डाग' पुन्हां आपल्या पूर्वस्थळीं येतो. विल्ड्ट नांवाच्या संशोधकाचें म्हणणें असें आहे कीं, हे जग म्हणजे घनावस्थेंतलाच आविष्कार असता तर आपल्या घनतेला अनुरूप अशा उंचीवर येऊन हें द्रव सर्वत्र पसरलें असतें. शोअेनबर्गचें म्हणणें कीं गुरूच्या पृष्ठभागावर जागृत ज्वाला-

मुखी असावेत, त्यांतून उसळलेला उद्रेक बहुधा वरच्या वातावरणातून जात असावा, तोच ‘ डाग ’ आणि ‘ प्रक्षोभ ’ रूपानें प्रतीत होत असावा.

गुरूचें वातावरण—चंद्र–मंगळावर दिसतात तशा गुरूच्या पृष्ठभागावर कांहीं कायम ठश्यांच्या खुणा दिसत नाहींत. त्यांचें परिवलन मोजतां आलें आहे तें निरनिराळ्या अक्षांशावर निरनिराळें आहे हें वर सांगितलेंच आहे. त्यावरून त्याच्याभोंवतीं बऱ्याच जाडीचा वातावरणाचा थर लपेटलेला असावासें दिसतें. त्याचा प्रतिक्षेप ०·४४ आहे. त्याच्या बिंबाच्या मध्यापासून जसजशी त्याच्या ‘ कडे ’कडे दृष्टि वळवावी तसतशी त्याची तेजस्विता कमी कमी भासते. सूर्यप्रकाशांत बसलेल्या बाजूकडे जी चकाकी कमी होत गेलेली दिसते ती इतर ग्रहांप्रमाणेंच त्यालाही ‘ कला ’ असल्यामुळें दिसत असावी. पण उरलेल्या ‘कडे’वर जी अंधुकता आढळते तिचें कारण म्हणजे सूर्यकिरणांना त्याच्या वातावरणाच्या दाट थरांतून जावें लागते, हेंच बहुधा असावें. वाढत्या तरंगायामांच्या प्रकाशांतून त्याचे निकाश घेत राहिल्यास उत्तरोत्तर त्याची कडा अधिकाधिक काळसर निघते. विषुववृत्ताला समांतर असणारे पट्टे, लहान मोठे ठिपके, इत्यादि आविष्कार देखील अतीन्द्र प्रकाशात चांगले स्पष्ट उमटतात. निकाशांसाठीं जसजशी तरंगांची उत्तरोत्तर मोठी लांबी निवडावी तों तों ‘ तांबडा ’ डाग अधिकाधिक अस्पष्ट होतो हें वर सांगितलेंच आहे.

गुरूचा वर्णपट घेतल्यास तो साधारणतः सूर्यप्रकाशाच्या वर्णपटासारखा येतो, फरक इतकाच कीं त्यात जागोजाग कांहीं ‘पट्टे’ (बँडस्) आढळतात. विशेषेंकरून हे पट्टे नारिंगी, तांबड्या, आणि उपारुण बाजूला अधिक आढळतात. शनि, युरेनस, नेपच्यूनमध्येंही असाच प्रकार आढळतो. गुरूच्या बिंबावर दाट तांबूस पट्टे आढळतात म्हणून जें वर सांगितलें आहे त्या पट्ट्यांचा वर्णपट आाण विषववृत्ताजवळचा पांढरा पट्टा या दोहोंत,

वर्णादर्शाच्या दृष्टीनें फारसा फरक आढळत नाहीं. आपल्या प्रयोगशाळेंत अमोनिया वायूचा वर्णपट घेतला आणि तो गुरूच्या वर्णपटाशीं ताडून पाहिला, तर उभयतांच्या कांहीं रेषाचें आणि पट्टयांचें साम्य तंतोतंत जुळतें. त्यावरून गुरूवर अमोनिया वायु असावा असें अनुमान निघतें. एका वातावरणाच्या दाबाखालीं ६० फूट जाडीचा अमोनियाचा थर ठेवला आणि त्याचा वर्णपट घेतला तर तो, आणि गुरूचा प्रत्यक्ष वर्णपट हे, एवढ्या वायूपुरते, सारखेच आढळतात. असाच प्रकार मिथेन वायूच्याही बाबतींत आढळतो. मात्र हा थर सुमारे $\frac{1}{2}$ मैल जाडीचा मानावा लागतो. इतर कोणत्याही वायूचें अस्तित्व प्रत्यक्ष वेधानें सिद्ध झालेलें नाहीं, मात्र तात्त्विकदृष्ट्या असें वाटतें कीं, उज्ञातु (हैड्रोजन) आणि हेलातु (हेलियम) याचें प्रमाण विशेष असावें आणि मंदातु (अरगीन) नूनातु यांसारखे पृथ्वीवर विरलत्वानें आढळणारे वायू गुरूवरही कमी प्रमाणातच असावेत.

गुरूच्या बिंबावर जे दाट-विरळ पट्टे असतात ते तेथील ढगाचेच असावेत. मात्र, आपल्या पृथ्वीवर जसे पाण्याचे ढग बनतात तसे ते येथें असणें असंभवनीय आहे. गुरूवरील तपमानाचा उल्लेख पुढें यावयाचा आहे. तें तपमान इतकें कमी आहे कीं या तपमानाला तेथील हवेंत पाण्याचें बाष्प राहणें शक्य नाहीं. तें गोठून बर्फाच्या रूपानें जमिनीवर सांचण्याचा संभव विशेष.हे ढग केवळ अशाच वायूंचे असणें संभवनीय आहे कीं ज्यांचें द्रवीभवन आणि घनीभवन फार कमी तपमानातही शक्य व्हावें. अमोनियाचे किंवा उज्जार्वक (हायड्रोकार्बन) वायूंचें हे ढग असणें संभवनीय आहे. विल्डूटचें असें अनुमान आहे कीं गुरु आणि शनीवरील पट्टयांना जे रंग दिसतात ते अमोनिया आणि धातवीय सामुद्रातु याच्या विक्रियेमुळें येत असावेत, कारण या दोहोंच्या मिश्रणानें चांगली रंगीत, घन आणि द्रवावस्थेंतील संयुगें बनतात असा अनुभव आहे.

गुरूचें तपमान. तेजोमापकाच्या साहाय्यानें गुरूचें तपमान मोजल्यास तें–१३०° ते-१४०° च्या जवळपास येतें. गुरूच्या अंतरंगांतून त्याचें स्वतःचें म्हणून कांहींही तेज बाहेर न येतां केवळ सूर्यापासून मिळणाऱ्या तेजामुळें जें तपमान गुरूवर, केवळ गणिती अनुमानानें, अढळलें असतें तें ही याच्या जवळपासच आहे. जेफ्रेजनें निराळ्या पद्धतीनें असें अनुमान काढलें आहे कीं पृथ्वी आणि गुरु याचा जन्म एकाच काळीं झाला असें मानलें तर गुरूच्या जन्मापासून एव्हाना एवढा अवधि लोटलेला आहे कीं तेवढ्या काळात, जन्मतांच जी तेजाची शिदोरी गुरूने आपल्याबरोबर नेली असेल तिच्या १०० पट तेज तो एव्हांना, प्रारणद्वारा, गमावून बसला असता. इत्यर्थ हा कीं गुरूचें तेज हें सर्वस्वीं सूर्यादत्त आहे, त्याचें स्वतःचें कांहींच नाहीं. याच्या उलट आक्षेपकाचें म्हणणें आहे कीं, गुरूच्या वातावरणातील ढगाना जी केव्हा केव्हा प्रचंड गति असल्याचें आढळते तिचा संबंध कदाचित्, विल्ड्टनें सुचविल्याप्रमाणें, गुरूच्या अंतरंगातील रदनाक्रिये (रेडिओॲक्टिव्हिटी) मुळें निर्माण होणाऱ्या उष्णतेशीं असावा.

गुरूचें अंतरंग. गुरूची सरासरी घनता पाण्याच्या १·३४ पट आहे. पृथ्वीची घनता ५·५ आहे हें ध्यानात घेतल्यास पृथ्वीच्या मानानें गुरूवर वातावरणाचा बराच जाडीचा थर असेल हें उघड आहे. गुरूवरील एकंदर ज्ञात परिस्थितीचा विचार करून विल्ड्टनें असें अनुमान काढलें आहे कीं, गुरूच्या केन्द्रापासून सुमारें १९,००० मैल त्रिज्येचा गाभा सरासरी ६·० घनतेचा, धातुमय, असावा; त्यावर सुमारें १७,००० मैल जाडीचा बर्फाचा थर असावा; आणि त्याच्यावर सुमारें ७००० मैल उंच वातावरण असावें. म्हणजे विषुवव्यास आणि अक्षव्यास जो पृ. १५२ वर दिला आहे, त्यात या वातावरणाच्या थराचाही समावेश आहे हें उघड आहे. पृथ्वीच्या

पृष्ठभागावर जो वातावरणाचा दाब आहे, तेवढा दाब हें एक दाबाचें मान-'वातांबर'-मानिल्यास गुरूच्या पृष्ठभागावर-म्हणजे वातावरणाच्या तळाशीं-सुमारें १० लक्ष वातांबराचा दाब असावा असें स्पेन्सर जोन्सचें अनुमान आहे. कदाचित् सर्वच्या सर्व गुरूदेखील केवळ वायुमय असेल असेंही एक अनुमान आहे.

गुरूचे उपग्रह. गुरूला एकंदर ११ उपग्रह आहेत, म्हणजे त्याचें स्वतःचें कुटुंब बरेंच मोठें आहे.

गॅलिलिओचे उपग्रह. या ११ उपग्रहापैकीं चार मोठे उपग्रह आहेत. ते प्रथम सायमन मेयर या नांवाच्या ज्योतिर्विदानें पाहिले आणि त्यानंतर सुमारें ८ च दिवसांनीं ते गॅलिलिओनें १६१० त पाहिले. असें असलें तरी गॅलिलिओनेंच त्याचे विशेष वेध घेतले म्हणून ते त्याच्याच नांवानें विशेष प्रसिद्ध आहेत. गॅलिलिओनेंच त्यांचा परिभ्रमणकाल प्रथम निश्चित केला. तो आतांच्या त्यांच्या सूक्ष्म परिभ्रमणकालाशीं चांगला जुळणारा आहे. हा काळ सुमारें $१\frac{३}{४}$ दि. पासून $१६\frac{२}{३}$ दिवसांपर्यंत आहे. गुरूपासून ते सुमारें १२ लक्ष मैलांच्या टापूंत आहेत. आकारानें ते आपल्या चंद्राच्या जवळपास आहेत. त्यांच्यापेक्षां फक्त शनीचा एक उपग्रह आणि नेपच्यूनचा उपग्रह एवढेंच काय ते सूर्यकुलांतले मोठे उपग्रह उपलब्ध आहेत. दिसावयाला ते बऱ्यापैकीं तेजस्वी असल्यामुळें मध्यम प्रतीच्या दुर्बिणींतूनही ते चांगले दिसूं शकतात. गुरूपासून वाढत्या अंतराच्या अनुक्रमानें त्यांना आयो, यूरोपा, गॅनिमीडी, आणि कॅलिस्टो अशीं नावें आहेत; तथापि आतां त्याना एक, दोन, तीन, चार या क्रमांकानींच ओळखण्याचा प्रघात आहे. चांगल्या प्रभावी दुर्बिणींतून पाहिल्यास त्यांचीं बिंबें स्पष्टपणें दिसतात, आणि वातावरणाच्या अनुकूल परिस्थितींत त्यावर कांहीं कायम ठश्याच्या खाणाखुणाहि आढळतात, त्यावरून त्याचा परिवलनकाल

आणि गुरूभोंवतीं प्रदक्षिणा घालण्याचा परिभ्रमण काल हे दोन्ही एकच असावेत असें आढळतें. म्हणजे आपल्या चंद्राप्रमाणेंच त्यांचेंही एकच एक बिंबार्ध नेहमीं गुरूकडे वळलेलें असावें असें अनुमान निघतें. त्यांचा पृष्ठभागही बहुधा आपल्या चंद्रासारखाच खडकाळ असावा. त्यावर बहुधा वातावरण नसावें. त्यांच्या परस्पर आकर्षणावरून त्यांचें वस्तुमान काढतां आलेलें आहे. आपल्या चंद्राशीं तुलना केल्यास त्यांतल्या पहिल्या आणि चवथ्याचें वस्तुमान साधारणतः आपल्या चंद्राएवढें, तिसऱ्याचें चंद्राच्या दुप्पट, आणि दुसऱ्या उपग्रहाचें साधारणपणें चंद्राच्या निम्म्यानें आढळतें. अनुकूल परिस्थितींत यांतले एक दोन उपग्रह, चांगल्या दृष्टीच्या माणसाला, दुर्बिणीशिवायही दिसूं शकतात.

गुरुच्या तीन उपग्रहांच्या भोगांमध्यें आणि त्यांच्या मध्यम गतीमध्येंही कांहीं सूत्रबद्ध संबंध आढळतात ते असेः—

(१) $\text{भ}_1 + २\text{भ}_3 = ३\text{भ}_2 + १८०^\circ$

(२) $\frac{1}{\text{म}_1} + \frac{2}{\text{म}_3} = \frac{3}{\text{म}_2}$

येथें भ_1 भ_2 भ_3 हे अनुक्रमे क्रमांक १, २, ३ चे भोग असून म_1 म_2 म_3 ह्या त्यांच्या मध्यम गति आहेत.

गॅलिलिअन उपग्रहांच्या कक्षा. ह्या चारही उपग्रहांच्या कक्षा जवळजवळ वृत्ताकृति असून त्या गुरूच्या विषुववृत्ताला अगदीं निकटवर्ति आहेत. पहिल्या तीन उपग्रहांचें परिभ्रमण चालू असतांना त्यांतला प्रत्येकजण गुरुबिंबावरून अधिक्रमण करीत असलेला दिसतो आणि या प्रत्येक परिभ्रमणाच्या काळांत त्यांना गुरूच्या छायेमुळें ग्रहणेंही लागतात. मात्र अधिक्रमणाच्या वेळीं त्यांच्या फक्त छायाच तेवढ्या गुरुबिंबावरून सरकत गेलेल्या दिसतात. प्रत्यक्ष ते उपग्रह दिसत नाहींत. चवथ्या उपग्रहाला देखील साधारणतः ग्रहणें लागतात, पण त्याची कक्षा गुरूच्या विषुववृत्ता-

शीं बरीच कललेली असल्यामुळें तो कधीं कधीं गुरूच्या छायाशंकूतून निसटतो. गुरु जेव्हां षड्भांतरीं असतो किंवा सूर्यसंवासी असतो, तेव्हां त्याची छाया आपल्या दृग्रेषेंतच असल्यामुळें हीं ग्रहणें दिसत नाहींत. पण तो त्रिभांतरी असतो, तेव्हां त्याची छाया दृग्रेषेशीं तिरपी असल्यामुळें दुसऱ्या, तिसऱ्या आणि चवथ्या उपग्रहाचीं खग्रास ग्रहणें चांगलीं दिसतात.

प्रकाशाचा वेगः— गुरूच्या या चार उपग्रहांना जीं ग्रहणें लागतात त्यांच्या वेधांतूनच इ. स. १६७५ सालीं सुप्रसिद्ध डॅनिश ज्योतिर्वेत्ता रोमर याला एक महत्त्वाचा शोध लागला. तो असा कीं, प्रकाशाला कांहीं तरी निश्चित वेग असतो आणि म्हणूनच एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणीं जेव्हां प्रकाश जातो तेव्हां मध्यंतरी कांहीं अवधि लोटलेला असतो. रोमरनें अनेक चागली वेधसाधनें बनविलेलीं होतीं. आणि तो चांगला ज्योतिर्वेत्ता होता, तरीसुद्धां प्रचलित लोककल्पनांविरुद्ध असणाऱ्या या त्याच्या शोधाबद्दल त्याचा केवळ उपहासच झाला आणि सुमारें ५० वर्षेपर्यंत त्याच्या ह्या शोधाचा व्हावा तसा उपयोग करून घेतला गेला नाहीं.

रोमरच्या वेळीं गुरूच्या चारही उपग्रहांचा परिभ्रमणकाल निश्चितपणें माहीत झालेला होता. त्यामुळें, या उपग्रहाना ग्रहणें केव्हां लागतील हें सांगतां येत होतें. हीं ग्रहणें पुनःपुन्हा त्याच त्या कालावधीनंतर लागलेली आढळावींत असें अनुमान साहजीकच निघत होतें. पण प्रत्यक्ष त्या त्या वेळीं वेध घेतले, तेव्हां रोमरला आढळून आलें कीं, हीं ग्रहणें गणितागत वेळेप्रमाणें लागलेलीं दिसत नाहींत. वर्षभरच्या अवधींत सुमारें सहा महिने पर्यंत तीं गणितागत वेळेच्या आधीं लागलेली दिसतात, आणि उरलेल्या सहा महिन्यांत तीं उशीरा दिसतात. पाहिल्या सहा महिन्यांत तीं जितकीं आधीं लागतात, तितक्याच उशीरां तीं दुसऱ्या सहामाहींत दिसतात. या दोहों मध्यें मिळून रोमरला सुमारें २५ मिनिटांचा अवधि लोटलेला

आढळला. हीं ग्रहणें जेव्हां जेव्हां गणितागत वेळेच्या आधी लागतात, तेव्हां तेव्हां पृथ्वी गुरूपासून दूर गेलेली असे. यावरून, रोमरनें अगदीं रास्त अनुमान काढलें तें असे कीं, सहा महिन्यांच्या अंतरानें येणारी पृथ्वीचीं हीं दोन स्थानें म्हणजे तिच्या कक्षेच्या अक्षाचीं दोन टोंकेंच असल्यामुळें एवढें अंतर चालून जाण्याला प्रकाशाला २२ मिनिटें लागत असावींत. अलीकडील सूक्ष्म वेधांतून हा अवधि १६ मि. ३८ से. चा ठरतो. पण त्यामुळें अर्थातच रोमरच्या मूळ विचारसरणीला कोणताहि बोध येत नाहीं.

गुरूचे लहान उपग्रह. वरील चार प्रमुख उपग्रहांखेरीज गुरूला आणखी सात उपग्रह आहेत. गॅलिलियन उपग्रहांना जे अनुक्रमांक दिले गेले आहेत, ते गुरूपासूनच्या अंतराच्या अनुक्रमानें दिले गेले आहेत; पण हे जे सात लहान उपग्रह आहेत, त्याचे अनुक्रमांक मात्र त्यांचा शोध ज्या अनुक्रमानें लागला त्या मानानें दिले गेले आहेत.

क्रमांक ५ हा उपग्रह १८९२ सालीं बर्नार्डनें प्रथम लिक वेधशाळेंतील ३६ इंची दुर्बिणींतून पाहिला. तो गुरूपासून अत्यंत जवळ १ लक्ष १३ हजार मैलांवर, असून गुरुत्रिज्येच्या २·५ पट अंतरांत आहे, म्हणजे शनीविषयीं विचार करतांना पुढें ज्या 'मृत्युरेषे'चा उल्लेख यावयाचा आहे. तिला जवळ आहे. त्याला एक गुरुप्रदक्षिणा पुरी करण्याला सुमारें १२ तासांचा अवधि लागतो. गुरूपासून तो अतिशय जवळ असल्यामुळें अवघ्या ११४ दिवसात त्याचीं उपसूर्य–अपसूर्य रषा एक परिवलन घेऊन पूर्वस्थळीं येते. त्याचा व्यास जेमतेम १०० मैलांचा आहे.

उरलेल्या उपग्रहाचे दोन भाग पडतात. क्र. ६, ७ आणि १० हे गुरूपासून सुमारें ७१ ते ७३ लक्ष मैलावर, म्हणजे जवळजवळ एकाच अंतरावर आहेत. त्यांना गुरुपरिभ्रमणाला २५० ते २६० दिवस लागतात. आकारानें ते लहान आहेत. त्यांच्या कक्षा एकमेकींना छेदणाऱ्या, आणि

गुरूच्या विषुवांशीं विशेष कललेल्या आहेत. क्र. ६ आणि ७ यांचा शोध पेरिनला १९०४ आणि १९०५ मध्यें आणि क्र. १० चा शोध निकल्सनला १९३८ मध्यें, निकाशद्वारां लागला. क्र. ८, ९ आणि ११ हे दुसऱ्या वर्गांत मोडतात. तेही गुरूपासून जवळजवळ एकाच अंतरावर, म्हणजे २$\frac{१}{४}$ ते २$\frac{१}{२}$ कोटी मैलांवर आहेत. त्यांच्याही कक्षा एकमेकींना छेदणाऱ्या आहेत. हे तिघेही उपग्रह गुरूभोंवतीं प्रतिलोम गतीनें—म्हणजे बाकीचे बहुतेक ग्रहोपग्रह पश्चिमेकडून पूर्वेकडे फिरत असतांना हेंच मात्र पूर्वेकडून पश्चिमेकडे— फिरत असतात. क्र. ८ हा मेलोटीला १९०८ मध्यें, क्र. ९ हा निकल्सनला १९३८ मध्यें आणि क्र. ११ हा निकल्सनलाच १९१४ मध्यें निकाशद्वारां आढळला. या तीन्ही उपग्रहांच्या प्रतिलोम गतीमुळें गुरु-कुलाला स्थैर्य आलेलें आहे, असें गणितज्ञांचें म्हणणें आहे.

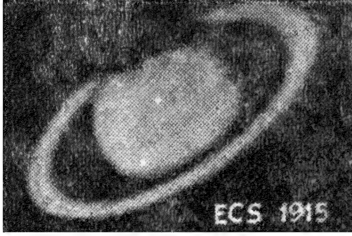
गुरूभोंवतीं फिरणाऱ्या ११ उपग्रहांचें जसें त्याचें कुटुंब आहे, तद्वतच त्याच्या आकर्षणाच्या परिसरात येऊन त्याच्याभोंवतीं आणि सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घेत राहणाऱ्या ५–५० धूमकेतूंचेंही एक कुळ आहे, त्याचा विचार पुढें ' धूमकेतु ' प्रकरणीं व्हावयाचाच आहे.

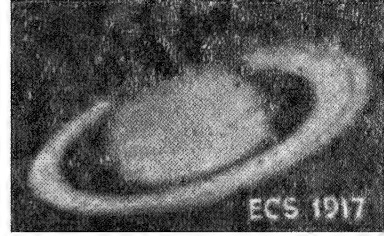
शनि–एक विचित्र ग्रह : १

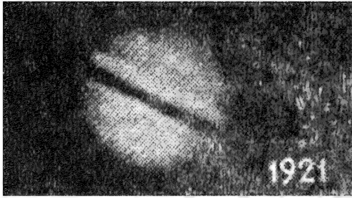
प्रास्ताविक—सबंध सूर्यकुलांत आकारानें सूर्याखालोखाल मोठा असल्यामुळें, एक प्रकारें कुलांतल्या वडीलकीचा मान जरी गुरूकडे जात असला, तरी विविधतेचा प्रतिनिधि म्हणून मानाची सुपारी जर कोणाला द्यावयाची झाली तर ती शनीलाच धावी लागेल. फार प्राचीन काळीं देखील माहीत असलेल्या ग्रहांपैकीं अत्यंत दूरचा आणि म्हणूनच फार हळुं चालतोसा दिसणारा या अर्थानें जशी ‘ शनैश्चर ’ आणि ‘ मंद ’ हीं त्याचीं नावें सार्थ आहेत, तद्वतच सूर्याचा आणि पर्यायानें सूर्यकुलाचा प्रतिनिधि म्हणून त्याला सैरि किंवा सूर्यपुत्र म्हटलें, तर तेंहि तितकेंच योग्य आहे. पिप्पलादानें त्याला ‘ पिंगल ’ म्हटलें असून त्याच नांवाचा सूर्याचा एक पारिपार्श्वक होता हेंही ध्यानांत घेण्याजोगें आहे. शनीचा प्रभाव फलज्योतिषांत विशेष मानला असून वराहमिहिराचार्योंनीं त्यास ‘ रौद्र ’, ‘ दुःख ’, ‘ यम ’ अशीं नावें दिलेलीं आहेत. शनीच्या साडे-सातीची कल्पना कोणास नाहीं ! परंतु याहूनही त्याचा महिमा ज्योतिष्यकांत (गणितज्योतिषांत) अधिकच आहे. लहानशा दुर्बिणींतून पाहिलें तरी दहा उपग्रह आणि तीन वलयें यांचें लटांबर बरोबर वागवून आपली सूर्याभोंवतालची कर्तव्यप्रदक्षिणा घालीत रहाणाऱ्या शनीइतकें मनोरम दृश्य आकाशांत अन्यत्र क्वचितच आढळतें.

शनीचें दर्शन. साध्या डोळ्यांनीं पाहिला तर शनि हा थोडासा फिकट पिवळ्या रंगाचा दिसतो. पृथ्वीपासून तो गुरूच्या दुप्पट अंतरावर असल्या-मुळें साहजिकच तो लवकर डोळ्यांत भरत नाहीं. तरीसुद्धां तो सरासरीनें पहिल्या प्रतीच्या ताऱ्यापेक्षांही थोडासा उजळच दिसतो. शनीभोंवतालीं जीं कडीं आहेत तीं ज्या मानानें पृथ्वीसापेक्ष कललेलीं असतील, त्या मानानें

शनीपासून येणाऱ्या परावर्तित प्रकाशाची बरीच मोठी म्हणजे शेंकडा सत्तर वधघट होत असते. तरसुद्धां मंगळ व गुरु पृथ्वीच्या जवळ किंवा दूर गेले म्हणजे त्यांच्या दृश्यचकार्कीत होणारे चढउतार जेवढें प्रचीतीला









शनीचीं दृश्यें [आकृति नं. २७]

येतात तेवढें तें शनीच्या दूरत्वामुळें त्याच्या चकार्कीत येत नाहींत. वाऱ्यापासून सुरक्षित असलेल्या गाभाऱ्यांत संथपणें तेवत असलेल्या नंदादीपाच्या निश्चल ज्योतीप्रमाणें शनि हा नेहमींच मंद व स्थिरप्रभ वाटतो. ताऱ्यांच्या अनुषंगानें पाहिलें तर दररोज सूर्य एका अंशानें पूर्वेकडे चळलेला दिसतो. शनीला एवढेंच अंतर चालून जाण्याला सुमारें महिनाभराचा अवधि लागतो. वर्षभरांत तो पुरतें एक नक्षत्रदेखील ओलांडून जात नाहीं. म्हणूनच त्याचें 'शनैश्चर' नांव सार्थ वाटेल.

शनीची कक्षा. शनीची कक्षा आपल्या आयनिक वृत्ताशीं सुमारें २$\frac{१}{२}$° नीं कललेली आहे. त्याचा नाक्षत्र परिभ्रमण काल साधारण २९$\frac{१}{२}$

वर्षें असून सांवासिक काल (अमाकाल) ३७८ दिवसांचा आहे. त्याचा कक्षागत वेग सरासरी सेकदाला ६ मैल आहे.

शनीचें सरासरी अंतर सूर्यापासून ८८·७ कोटि मैल आहे. त्याच्या कक्षेची विकेंद्रता ·०५५७२ आहे; ती गुरूपेक्षा थोडी मोठी व युरेनस-पेक्षां कमी आहे. त्याचें अपसूर्य अंतर हें उपसूर्य अंतरापेक्षा २० कोटी मैलांनीं जास्त आहे. तो आपल्या उपसूर्य बिंदूजवळ येतो त्यावेळीं पृथ्वी-पासून कमींत कमी ७४·४ कोटी मैलांवर असतो व आपल्या कक्षेंत तो अपसूर्य बिंदूजवळ असतांना सूर्यसंवास घडतो, तेव्हां तो पृथ्वीपासून दूरांत दूर १ अब्ज २·८ कोटी मैलावर असतो. शनि जेव्हां कक्षेंत उपसूर्य-बिंदूजवळ असतो त्याचवेळीं पृथ्वी आपल्या कक्षेंत अपसूर्य बिंदूजवळ असून ते एकाच दिशेंत असतील तर त्यावेळीं शनि पृथ्वीच्या अगदीं जवळ असतो. सुमारें ३० वर्षांतून हा योग एकदां येतो. त्यावेळीं शनीचें बिंब साहजिकच जास्त तेजस्वी व मोठें दिसतें.

शनीचें आकारमानादि. अंतर बदलतें तसा शनीचा दृश्य व्यासही १४″ पासून २०″ पर्यंत बदलत असतो. त्याचा विषुव व्यास सुमारें ७५०२० मैल असून दक्षिणोत्तर व्यास ६७८०५ मैल म्हणजे सुमारें शेंकडा १० नीं लहान आहे. इतर कोणत्याही ग्रहापेक्षा शनीचा अक्ष अधिक प्रमाणांत आखूड असल्यानें साहजिकच शनीचें बिंब विषुववृत्ताशीं विशेष फुगीर दिसतें. त्याचा सरासरी व्यास पृथ्वीच्या ९ पट, पृष्ठक्षेत्र सुमारें ८२ पट आणि आकार ७६० पट आहे.

शनीच्या आकर्षणामुळें गुरूच्या मार्गावर जे परिणाम होतात, त्यावरून आणि खुद्द त्याच्याच उपग्रहांवरून त्याचें वस्तुमान विशेष बारकाव्यानें काढतां आलें असून तें पृथ्वीच्या सुमारें ९५·२ पट भरेल. अर्थात शनीची घनता पृथ्वीच्या $\frac{1}{8}$ आणि पाण्याच्या ०·६९ इतकी आहे.

पृष्ठभागावरील त्याचें गुरूत्वाकर्षण पृथ्वीच्या सुमारें १·०६ पट आहे. व त्याचें विषुववृत्त त्याच्या कक्षापातळींशीं २७° नीं कललेलें आहे.

शनीचें वातावरण. शनीचा प्रतिक्षेप ०·४२ आहे. म्हणजे तो जवळ जवळ गुरू इतकाच आहे. शनीवरील वायूंच्या रेणूंचा मोक्षवेग सेकंदाला सुमारें २२ मैल आहे. पृथ्वीवरील रेणूंचा हाच वेग सेकंदागणिक सुमारें ७ मैल आहे. ही गोष्ट ध्यानांत घेतली आणि पृथ्वीभोवतीं सुमारें २०० मैल जाडीचा वातावरणाचा थर लपेटलेला आहे हेंही पाहिलें म्हणजे शनीवरील वातावरणाचा थर चांगलाच जाडजूड असला पाहिजे असें साहजिकच अनुमान निघतें. शनीचा प्रतिक्षेपही पृथ्वीपेक्षां थोडा कमी असला तरी पृथ्वीप्रमाणेंच शनीवरही बहुधा ढग असावेत असें दिसतें. वर्णादर्शांतून असें दिसतें कीं शनीच्या वर्णपटांत गुरूपेक्षां अधिक प्रभावी शोषण रेषा आहेत. हाही एक वातावरणाच्या अस्तित्वाचाच पुरावा आहे. मात्र शनीचा वर्णपट साधारणपणें गुरूच्या पटासारखाच असला, तरी शनीवर मिथेन वायूच्या रेषा अधिक प्रभावी आणि अमोनियाच्या रेषा कमी प्रभावी आहेत. त्यावरून शनीवर गुरूपेक्षां अधिक मिथेन आणि कमी अमोनिया असला पाहिजे हें उघड आहे. शनि हा सूर्यापासून फारच दूर असल्यामुळें सहाजिकच त्याचें तपमान गुरूपेक्षां बरेंच कमी आहे. त्यामुळें शनीच्या वातावरणांतला बहुतेक सर्व अमोनिया गोठून गेला असावा, आणि मिथेन गोठण्याला बरेंच कमी तपमान आवश्यक असल्यामुळें तेथील वातावरणांत मिथेन बऱ्याच मोठ्या प्रमाणांत राहिला असावा, अशी कल्पना आहे. तसें शनीच्या वातावरणांतला सर्व जलांश गोठून त्यांतून बनलेल्या बर्फाचा थर शनीच्या पृष्ठभागावर बहुधा पसरलेला असावा.

दुर्बिणींतून शनीच्या बिंबाकडे पाहिल्यास त्याच्या विषुववृत्ताशीं समांतर असे कांहीं पट्टे दिसतात. गुरूवरहि असेच पट्टे आढळतात हें मागें सांगितलेंच

आहे. पण गुरूइतक्या ठळकपणें हे शनाचे पट्टे नजरेंत भरत नाहींत. त्यातला विषुवाजवळचा पट्टा पिवळट रंगाचा दिसतो; आणि ध्रुवाकडील भाग थोडा करडा, हिरवट रंगाचा वाटतो. गुरूवर दिसतात तसे शनीच्या बिंबावर ठळक डाग दिसत नाहींत. जे थोडेसे क्वचित् दिसतात ते अगदींच अल्पकाळ टिकून राहतात. त्यामुळें शनीचा अक्षपरिवलनकाल नीटसा बारकाव्यानें सागता येत नाहीं. विषुववृत्ताच्या आसपास आढळलेल्या अनेक डागाच्या वेधावरून असें दिसतें कीं या भागाचा परिवलनकाल १० तास १४ मि. असावा. यांत फार तर एखाद्या मिनिटाची कसर असूं शकेल. सन १९३३ च्या ऑगस्टांत शनीच्या विषुवाजवळ एक विवृत्ताकृति डाग सुमारें १५००० मैल लांबीचा आढळला होता. हळूंहळूं त्याची लांबी वाढत होती, त्याच्या एका अंगाची सीमारेषा चांगली सुस्पष्ट दिसत होती, पण दुसरें अंग हळूंहळूं काळसर आणि अस्पष्ट होत चाललें होतें. बहुधा शनीच्या पृष्ठभागावरून ज्वालामुखीसारख्या कसल्या तरी स्फोटातून वर उडालेलें हें द्रव्य असून वरच्या वातावरणातल्या जोरदार प्रवाहीझोतांतून तें धावत आणि पसरत असावें असें या प्रसंगीं वाटत होतें. त्याला शनीभोंवती प्रदक्षिणा घालून येण्याला जो काळ लागला होता तो वर निर्दिष्ट केलेल्या काळाशीं जुळता होता. सन १९०३ सालीं शनीच्या उत्तर गोलार्धांत ३५° अक्षांशावर एक डाग आढळला होता. त्याला एक परिवलन घेण्याला १० ता. ३८ मि. लागलीं होती. यावरून असें वाटतें कीं शनीच्या वातावरणांतलि निरनिराळ्या अक्षांशावरील निरनिराळे थर निरनिराळ्या अवधींत एकेक परिवलन पुरें करीत असावेत, आणि हा अवधि बहुधा गुरुप्रमाणेंच शनीवरही उत्तरोत्तर वाढत्या अक्षांशाला वाढत्या प्रमाणात असावा.

प्रारण मापन साधनाच्या द्वारा शनीच्या पृष्ठभागाचें तपमान मोजल्यास तें सुमारें-१५५° सें. येते. शनीपासून बाहेर पडणारे तेज हें केवळ त्याला

सूर्यापासून मिळतें तेवढेंच असें गृहीत धरलें, तर शनिचें तपमान वरीलपेक्षां सुमारें ३०° सें० नीं कमी भरलें पाहिजे. याचा अर्थ असा कीं, शनि स्वतः देखील थोडेंसें तेज बाहेर टाकीत असावा. उलटपक्षीं असेंही वाटतें कीं, इतर ग्रहांप्रमाणेंच शनीला आपलें सर्व तेज फेंकून देऊन 'अकिंचन' बनण्याला भरपूर अवधि मिळून गेलेला आहे, व त्यामुळें त्याजजवळ आतां स्वतःचें असें तेज बहुधा नसावें. विल्टचें असें म्हणणें आहे कीं, तेथें कदाचित् प्रारणक्षम द्रव्यें असतील; त्यांच्या प्रारणामुळें अधिक तपमान मिळत असावें. आणि पट्टे म्हणून जे दिसतात ते अमोनिया आणि धातवीय क्षार यांच्या मिश्रणांतून घन आणि द्रव रंगीत संयुगें निर्माण होऊन बनले असावे.

कोणताही गोल आपल्या अक्षाभोंवतीं परिवलन करीत असतो तेव्हां त्याच्या पृष्ठभागावरील प्रत्येक अणुरेणूवर तीन प्रकारच्या प्रेरणा कार्य करीत असतात. त्याच्या संतोलनामुळेंच तो बिंदु आपल्या जागेला चिटकून राहतो. एक प्रेरणा गुरुत्वाकर्षणाची, दुसरी बहिःसरणाची व तिसरी अनुवेधुव खेंचीतून निर्माण होणारी. यांचा तुलनात्मक अभ्यास केला तर असें दिसतें कीं शनीच्या गाभ्याचा भाग चांगल्याच प्रेरणाखालीं दबलेला आहे. शनीची सरासरी घनता पाण्याच्या ०·६९ आहे हें वर सांगितलेंच आहे. विल्टच्या मतें शनीचा १४००० मैल त्रिज्येचा अंतर्गोल खडकाळ आहे, त्यावर सुमारें ६००० मैल जाडीचा बर्फाचा थर आहे आणि त्याच्या बाहेर १६००० मैल जाडीचा वातावरणाचा थर आहे. या वातावरणाची घनता बरीच कमी असून तें मुख्यत्वें हैड्रोजन आणि हेलियमयुक्त आहे.

उत्तरोत्तर वाढत्या तरंगायामांच्या प्रकाशातून म्हणजे इन्द्र, अतीन्द्र, इत्यादिकांतून- शनीचें निकाश घेतल्यास गुरु आणि शुक्राप्रमाणेंच शनीच्या बिंबावर उत्तरोत्तर कमी स्पष्टपणा मिळतो. त्यावरुन वातावरणाच्या वरच्या थरांत बऱ्याच चलबिचली होत असाव्यात असें दिसतें.

शनीची घनता अगदीं कमी आहे. शनीवर दाब टाकून त्यास पृथ्वीची घनता येईल इतका लहान केला तर त्याचा व्यास हल्लींच्या निम्यानें होईल. इतकी कमी घनता टिकून कशी राहिली ? एकतर त्याच्या अंतरंगांतच पुरेशी उष्णता असल्यानें तो बहुतांशीं वायवी अवस्थेंतच राहिला आहे. दुसरें असें कीं, त्याचा गाभा जरी घट्ट असला तरी त्याचें वातावरण विपुल असावें. हें दुसरें समर्थनच बहुधा योग्य असावें. दोहोंपैकीं शोधांतीं अखेरीला जें खरें ठरेल, त्यामुळें गुरु, शनि, युरेनस आणि नेपच्यून या चारी ग्रहांची घनता पृथ्वीच्या $\frac{1}{3}$ हूनही कमी कां याचा उलगडा होणार आहे.

शनीचीं वलयें—अनुकूल परिस्थितींत चांगल्या दुर्बिणींतून शनीकडे पाहिल्यास त्याच्याभोंवतीं त्याच्या विषुववृत्ताच्या पातळींत तीन समकेंद्रस्थ एकाच्या आंत एक अशीं बांगड्यांप्रमाणें पण पातळ, चपटीं वलयें दिसतात. पृथ्वीला आपण समुद्ररशना म्हणतो. मात्र हे समुद्र तिच्या पृष्ठभागावरच आहेत. पण शनीनें कमरेभोंवतीं तीन रशना गुंडाळल्या आहेत व त्या तिन्ही त्याच्याबाहेर आहेत. शंकर बाळकृष्ण दीक्षित यांनीं वलयांकित शनीला महादेवाच्या पिंडीची उपमा दिली आहे. ती एका दृष्टीनें योग्यच आहे. आणखीही एक समर्पक उपमा गोपगोपींच्या मेळाव्यांत अलिप्ततेनें राहिलेल्या रासक्रीडा-संचालक श्रीकृष्णाची देतां येईल.

हीं जीं तीन वलयें आहेत त्यांना अनुक्रमें बाहेरच्या बाजूनें अ, ब, क अशा नांवांनीं ओळखण्याचा प्रघात आहे. 'अ.' हें सर्वांत बाहेरचें कडें 'ब' हें त्याच्या आंतलें आणि 'क' हें अगदीं आंतलें. अची बाहेरचीं कडा शनीच्या मध्यबिंदूपासून सुमारें ८५·५ हजार मैलांवर असून त्याची रुंदी सुमारें ११ हजार मैल आहे. म्हणजे शनीपासून ती ७४·५ हजार मैलावर संपते. त्यानंतर सुमारें २२०० मैल रुंदीची एक फट किंवा खिंडार आहे. तिला कॅसिनीची फट म्हणतात. हें खिंडार ओलांडल्यावर

म्हणजे शनीपासून ७२·३ हजार मैलावर व हें कडें आहे. तें १८००० मैल रुंदीचें आहे. या वलयाच्या आंत खिंडार वगैरे नाहीं. त्याच्या लगोलग आंतच तिसरें थोडेसें विरल असें क हें वलय आहे. त्याची रुंदी १०००० मैल आहे. व तें शनीच्या पृष्ठभागापासून सुमारें ७००० मैलावर संपते. पुढें पृष्ठभागापर्यंत भोंवतीं भाग रिकामा आहे. या सर्व वलयांची जाडी कमीत कमी १० मैल आणि जास्तींत जास्त ५०—६० मैल असावी अशी कल्पना आहे.

सांप्रतकाळीं, पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याला शनि जेव्हां सिंह आणि कुंभ राशींत असतो म्हणजे त्याचा भोग अनुक्रमें १७२° आणि ३५२° च्या जवळ पास असतो, तेव्हां हीं वलयें दिसत नाहींशीं होतात. तो वृषभांतीं (भोग ८२) किंवा धनुराशींत (भोग २६२) येतो, तेव्हां तीं पुनः दिसूं लागतात. तीं अदृश्य होतात तेव्हां शनीच्या आरपार एकादी दोन नेडयाची सुई शिरली असावी असा भास होतो, आणि त्याच सुईच्या दोन्ही नेडयाजवळ ओवलेल्या मण्यासारखे कांहीं उपग्रहही दिसतात. वलयें नाहींशीं होतात तेव्हां मोठ्या दुर्बिणींतूनही तीं दिसत नाहींत. पण म्हणून जर एकादा लोभावलेला कवि, पृथ्वीवरून शनीवर जाऊं म्हणेल तर तो पस्तावेल. माघारीं वळून तो पृथ्वीकडे पाहिल, तर त्याला पृथ्वी दिसणार नाहीं. फक्त गुरूच तेवढा काय तो पहिल्या दुसऱ्या प्रतीच्या ताऱ्याइतका तेजस्वी दिसेल. युरेनसही दिसूं शकेल. सूर्याचें बिंब फार लहान म्हणजे आपणास दिसतें त्याच्या $\frac{१}{१०}$ व्यासाइतकें लहान दिसेल. नऊ चंद्र दिसतील पण ते फारच लहान असतील. वातावरणांत कुडकुडून जाण्याइतकी थंडी असेल आणि मुक्कामाला पोंहचतो न पोंहचतो तोंच इंद्रधनुष्यासारख्या विलोभनीय दिसणाऱ्या या वलयांतून प्रतिक्षणीं शनीवर होणाऱ्या उल्कांच्या माऱ्यांना तोंड द्यावें लागेल.

ही शनीचीं वलयें म्हणजे काय आहे, तीं तशीं कां आहेत, इतरत्र नसून शनीभोंवतींच कां व तीं टिकून कशीं राहिलीं असतील या प्रश्नाच्या समर्पक उत्तरांनीं विश्वांतल्या एका अद्भुतरम्य आविष्काराचा उलगडा व्हावयाचा आहे. या प्रश्नांचीं जीं उत्तरें आज उपलब्ध आहेत तीं एकाएकीं कोणाला स्फुरलेलीं नाहींत. तीनशें वर्षांहून अधिक काळपर्यंत शनीच्या वेधांवरून निघणारीं अनुमानें गणिताच्या निकषावर घांसून घेतां येतील तेवढीं घेतलीं गेलीं आहेत; हें नीट ध्यानांत येण्यासाठीं मिळत गेलेल्या ज्ञानाच्या क्रमानें एकंदर इतिहास पाहणें इष्ट होईल. एकाद्या नैसर्गिक आविष्काराची उपपत्ति स्वीकारण्यापूर्वीं शास्त्रज्ञ किती खळखळ करतात हेंही या निमित्तानें ध्यानांत येण्याजोगें आहे.

वलयसमस्येचा इतिहास—इ. स. १६१४ च्या सुमारास गॅलिलिओनें प्रथम दुर्बिणींतून शनीकडे पाहिलें तेव्हां त्याला शनीच्या दोन्ही अंगाला दोन मोठे तेजस्वी उपग्रह असावेत असें वाटलें. म्हाताऱ्या आईबापांना कावडीवरून तीर्थयात्रेला नेणाऱ्या कर्तव्यनिष्ठ श्रवणाची कथा आपल्याकडे प्रसिद्ध आहे. तसाच कांहींसा प्रकार येथेंही घडत असून थकल्या भागल्या म्हाताऱ्या शनीला, आडवी काठी धरून दोन्ही बाजूला त्याचीं दोन मुलें सूर्य प्रदक्षिणेला नेत आहेत असें दृश्य गॅलिलिओला त्या वेळीं दिसलें. दोन वर्षांनीं त्यानें शनीकडे पाहिलें, तेव्हां त्याला हे उपग्रह दिसले नाहींत. म्हणून त्यानें लिहून ठेविलें कीं, 'म्हातारा शनि आपल्या बाळणावर गेला; चांडाळानें आपलीं पोरें खाल्लीं वाटतें, कांहीं काळानंतर त्याला आढळलें कीं शनीच्या कमरेभोंवतीं चार अजस्र बाहूंनीं विळखा घातलेला आहे. या तिन्ही वेधांची संगति कशी लावावयाची हें मात्र गॅलिलिओला सुचलें नाहीं.

त्यानंतर १६५५—६० च्या दरम्यान हायगेन्सनें अधिक प्रभावी दुर्बिणींतून शनीकडे वेळोंवेळीं पाहिलें तेव्हां त्याची खात्री झाली कीं,

शनीभोंवतीं एक पातळ, पसरट कडें आहे. तें शनीला प्रथम कोठेंही स्पर्श करीत नाहीं, पण शनीच्या कक्षेशीं मात्र तें बरेंच कललेलें आहे. यामुळें शास्त्रीय जगतांत चांगलें कुतूहल वाढलें. गुरुशुक्रासारख्या गोलाकृति माहीत होत्या, धूमकेतूंचे निरनिराळे प्रकार पाहिले ऐकलेले होते. पण गाडीच्या चाकासारखी एखादी वाटोळी आकृति शनीभोंवतीं राहते, ती त्याचा कटिबंध सोडीत नाहीं, हा प्रकार नवलाईचाच होता. न्यूटनच्या गुरुत्वाकर्षणाच्या नियमाचा परिपाक व्हावयाचा होता. तो तसा १६८४ मध्यें झाल्यावर अर्थातच ध्यानांत येऊं लागेल कीं, शनीच्या गतींत ज्या कारणानें बदल होतो, तितकाच व त्या कारणानीं वलयांच्या गतींतही होतो व म्हणूनच गति व त्याचें वलय यांचा वियोग घडत नाहीं.

लवकरच या वलयाच्या उत्तरेकडील अंगावर एक लांबलचक काळा पट्टा पाहिला गेला आणि १६७५ च्या सुमारास या वलयाची दक्षिणे-कडील बाजू पृथ्वीवरून चांगली स्पष्ट दिसूं शकली, त्यावेळीं या बाजूवरही काळा पट्टा आढळला. त्यामुळें, आपले कॉंक्रीटचे डामरी रस्ते असतात त्यांतला मधला काळा पट्टा व दुतर्फा पांडुरके पट्टे असतात, तसाच कांहींसा प्रकार या वलयाच्या बाबतींत असेल कां व निरनिराळ्या द्रव्यांचें बनलेलें जात्याच्या तळीसारखें एकादें कडें शनीभोंवतीं असेल कां, इत्यादि प्रश्न निर्माण झाले. एक द्रव्याचा पांढरा थर, त्या शेजारीं दुसऱ्या द्रव्याचा काळा थर व विभागणी अगदीं दोरीसूत लावून केलेली. काळा पट्टा म्हणावा तर शास्त्रीय तर्क असें सांगतो कीं निदान आकाशाच्या पार्श्वभूमीवर पांडुरवर्ण तरी तो दिसला पाहिजे. किंवा हें काळें द्रव्य आजपर्यंत अज्ञात असें असलें पाहिजे. कॅसिनीनें असें सुचविलें कीं ही एक रुंदशी फट किंवा खिंडार असावें व एका ऐवजीं दोन वलयें असावींत.

शनीच्या या वलयाची (एकच वलय मानलें तर) आंतली कडा शनी पासून सुमारें ५५ हजार मैलांवर व बाहेरची कडा सुमारें ८४ हजार

मैलावर मानली व शनीचें गुरुत्वाकर्षण साधारणपणें पृथ्वी एवढेंच आहे हे ध्यानांत ठेवलें म्हणजे स्थूल मानानें असें म्हणतां येईल कीं वलयाच्या आंतील भागावर गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या निम्म्यानें भरेल व बाहेरच्या कडेवर ते $\frac{1}{5}$ असेल. त्यामुळें हें असलें वलय कितीहि टणक असलें तरी तें आपल्या वजनानेंच मोडून पडेल. हिंदुस्थानाच्या पश्चिम किनाऱ्यापासून आफ्रिकेच्या पूर्व किनाऱ्यापर्यंत एकच एक पोलादी कांब वाकवून तिचा पूल बांधावयाचा म्हटलें तर ती मोडून पडेल, तसाच हा प्रकार. पण शनीचें वलय शनीला कोठेंहि न टेकतां शेंकडों वर्षें टिकून राहिलें आहे. त्याअर्थी त्याला तर्शी बाहेरून तरी खेंच आहे कां? अशी खेंच शनीच्या उपग्रहामुळें निर्माण होऊं शकेल, पण ते अतिशय लहान आहेत. त्यांची खेंच अगदींच तोटकी पडेल. येथें लाप्लासचें गणित मदतीला धांवून आलें. त्यानें असें सिद्ध केलें कीं, एका बाजूला गुरुत्वाकर्षण व दुसऱ्या बाजूला बहिःसारण यांच्या कैचींत तें सुस्थितींत राहूं शकेल. मात्र या वलयांच्या आंतल्या अंगाला एका इयत्तेचें गुरुत्वाकर्षण व बाहेरच्या अंगाला दुसऱ्या इयत्तेचें, अशा स्थितींत या वलयांत फाटाफूट होऊन एका बाहेर दुसरें, त्याबाहेर तिसरें अशीं अनेक वलयें असावींत.

आणि वेधानें तसें थोडेंसें दिसलेंही. १८५० च्या अखेरीस बाँडनें शनीच्या वलयाचे वेध घेतले. तेव्हा त्याला आंतल्या अंगाला शनीच्या बाजूस आणखी एक वलय पातळ, विरविरीत असें दिसलें. तें इतकें विरविरीत आहे कीं, त्यांतून खुद्द शनि स्पष्टपणें दिसूं शकतो. हें नवें वलयच काय, पण पूर्वीचें वलय देखील केवळ द्रवावस्थेंतल्या पदार्थाचेंच आहे असें कां मानूं नये असा प्रश्न बाँडनें उपस्थित केला. म्हणून हा विषय १८५५ सालीं कॅंब्रिज विद्यापीठात 'अडॅम्स प्राइस' साठीं मुक्रर केला गेला. त्याचें उत्तर क्लार्क मॅक्सवेलनें निबंधद्वारा १८५६ मध्यें दिलें.

मॅक्सवेलनें असें दाखवून दिलें कीं, शनीचें एकेक वलय हें अखंड ऐन-

जिनसी कडे मानलें तर तें गणितानें अल्पजीवी ठरतें; उलटपक्षीं तीं एक लहान लहान गोलकाची वाटोळी मालाच आहे असें मानलें तर ती दीर्घजीवी दाखविता येते व मग या सर्व वलयांची दृश्य वैशिष्ट्यें समाधानकारकपणें उलगडतां येतात. हीं वलयें पसरट स्थितींत दिसतात तेव्हां पलीकडच्या अंगाला सूर्याची दाट काळी छाया न पडतां ती थोडी करड्या रंगाची दिसते. आणि म्हणून त्यांतून सूर्यप्रकाश आरपार पाझरत असावा. तसेंच शनीचा उपग्रह जेव्हा या छायेंत शिरतो तेव्हा त्याला वस्तुतः ग्रहण लागतें. तरीपण तो वलयाच्या मागें अंधुकपणें दिसूं शकतो आणि शनीच्या छायेंत गेला कीं दिसेनासा होतो. ताऱ्यांचें बाबतींतही असेंच घडते. अ या बाह्य वलयाच्या मागें तो अस्पष्ट दिसतो, कॅसिनीच्या फटींतून तो पुनः पूर्ववत् दिसतो व पुनः अंधुक दिसूं लागून तो अदृश्य होतो, यावरून हीं वलयें अखंडित नसून खंडीत अशीं असलीं पाहिजेत यांत संशय नाहीं. प्रकाश परावर्तनामुळेंही तीच गोष्ट दृष्टोत्पत्तीस येते. शनीच्या वलयावरून सूर्यप्रकाशाचें जें परावर्तन घडतें तें एकाद्या अखंड पसरट पदार्थावरून पडणाऱ्या परावर्तनाइतकें नसून खंडित, विदीर्ण अशा पदार्थावरून घडणाऱ्या पदार्थाइतकेंच येतें.

पण या सर्वांपेक्षां, शनीचीं वलयें म्हणजे लहान लहान असंख्य उपग्रहांचा एक थवाच असून तो शनीभोंवतीं घिरट्या घालीत असतो, याचा प्रत्यक्ष वेधगत पुरावाच १८९५ सालीं अलेघनी वेधशाळेचा वर्णाभ्यासक जे. ई. कीलर यानें शास्त्राभ्यासकांपुढें मांडला. शनीचीं वलयें ही एक अखंड चकतीच असती, आणि ती शनीभोंवती भिरभिरत असती, तर या चकतीच्या आंतल्या कडेवरच्या बिंदूला शनीभोंवती प्रदक्षिणा घालण्याला जितका वेळ लागतो तितकाच वेळ बाहेरच्या कडेवरच्या बिंदूला लागला असता. त्यामुळें बाहेरच्या बिंदूला अधिक वेगानें धांवावें लागलें

असतें. उलटपक्षीं वलयें हा उपग्रहांचा थवा असेल असेल तर सूर्यकुलांतल्या ग्रहांच्या बाबतींत घडतें तसें, आंतल्या ग्रहांचा परिभ्रमण काल लहान व बाहेरच्याचा काल मोठा, असें घडेल. आणि सहाजिकच वाढत्या अंतरावरच्या उपग्रहांची गति उत्तरोत्तर कमी भरेल. या मुद्याचा निकाल वर्णपटाच्या साहाय्या सहज लावला गेला. वर्णशास्त्राचा असा एक नियम आहे कीं, एकादा तेजस्वी पदार्थ गतिमान असेल तर त्याच्या वर्णरेषा, गति दूर जाणारी असल अगर जवळ येणारी असेल त्या मानानें, उपारुण किंवा उपेंद्र बाजूला चळलेल्या दिसतील. या चळणुकीवरून त्या त्या पदार्थाचा वेग काढतां येतो. कीलरनें असें दाखविलें कीं 'ब' वलयाची आंतली कडा सेकंदाला १२ मैलाच्या वेगानें व बाहेरची कडा १० मैलांच्या वेगानें परिभ्रमण करीत असली पाहिजे व या अंतरावरील उपग्रहांचाही वेग अनुक्रमें हाच असला पाहिजे. अर्थात् शनीचें वलय हा एक उल्कांचा किंवा उपग्रहांचा समुदाय असून प्रत्येकजण आपअपल्या अंतरायोग्य अशा वेगानें शनीभोंवतीं प्रदक्षिणा घालीत आहे. शनीवलयांच्या 'स्थिति' विषयींच्या गणितांत महाराष्ट्रीय रगलर डॉ. चं. ग. पेंडसे यानींही कांहीं भर घातलेली आहे.

केवळ शनीभोंवतींच अशीं वलयें कां आहेत याचेंहि उत्तर गणिताच्या साहाय्यानें देतां आलेलें आहे, तें असें:— गुरुत्वाकर्षणाच्या आणि गतिशास्त्राच्या नियमांनीं असें दाखवितां येतें कीं एकाद्या ग्रहापासून कांहीं ठराविक, थोडयाशाच, अंतरावर जर एखादा द्रवावस्थेंतला उपग्रह असेल तर मुख्य ग्रहाच्या आकर्षणामुळें या उपग्रहाच्या ठिकऱ्या उडतील; आणि जर तेवढ्याच अंतरांत कांहीं घनावस्थेंतले कण असतील तर या मुख्य ग्रहाच्या आकर्षणाचा परिणाम असा घडेल कीं हे निरनिराळे कण नेहमीं विलगच राहातील. सलग, एकात्म, होऊं शकणार नाहींत. शनीचें नऊ-

दहा उपग्रह आहेत ते या 'मृत्युरेषे'च्या बाहेर बरेच दूर आहेत. शनीचें सर्वांत बाहेरचें वलयदेखील या सीमारेषेच्या आंत आहे.

१८५० सालीं रॉशनें असें दाखवून दिलें कीं कोणताहि एखादा ग्रह घेतला आणि त्याच्या त्रिज्येच्या २·४४ पट त्रिज्येनें व्यापलेलें, त्या ग्रहा-भोंवतालचें क्षेत्र घेतलें तर या क्षेत्रांत असलेल्या उपग्रहावर दोन प्रकारच्या प्रेरणा कार्य करीत असतात. पहिला प्रकार असा कीं मुख्य ग्रहाच्या आक-र्षणामुळें उपग्रहावर भरती ओहोटीचा परिणाम घडतो. आणि दुसरा, उलट बाजूला घडणारा प्रकार असा कीं खुद्द त्या उपग्रहाच्या गुरुत्वाकर्ष-णामुळें त्याचा प्रत्येक कण त्याच्या केंद्राकडे खेंचला जात असतो. आतां हें जें २·४४ त्रिज्येचें क्षेत्र म्हणून सांगितलें, या क्षेत्रात मुख्य ग्रहाचें आकर्षण अधिक प्रभावी ठरतें, आणि त्यामुळें त्या उपग्रहाच्या चिंधड्या उडतात. उलटपक्षीं जर तो उपग्रह वरील मर्यादेच्या बाहेर असेल तर त्याच्या आकारांत विकृति घडते. मात्र, या दोन्ही प्रसंगी, ग्रहोपग्रहांची घनता एकच असली पाहिजे. तशी ती नसेल तर परस्पर आकर्षणाचा परिणाम घनता-समीकरणाकडे म्हणजे आकार वाढण्या कमी करण्याकडे प्रथम घडतो. शनीच्या बाह्य वलयाची त्रिज्या शनित्रिज्येच्या २·३० पट आहे. म्हणजे ती या मर्यादेंत आहे, इतर कोणाही ग्रहाच्या बाबतींत असें घडलेलें नाहीं. गुरुचा अंतर्ग्रह २·४५ पटी वर आहे, व मंगळाचा २·७० पटी वर आहे; म्हणजे या उपग्रहांना भविष्यकाळीं धोका आहे. आपला चद्र मात्र पृथ्वी-त्रिज्येच्या ६० पट अंतरावर आहे. अर्थातच त्याला हा धोका बराच दूर आहे.

या वलयांच्या बाबतींत ज्या भेगा किंवा फटी आढळतात त्यांची उपपत्ति कर्कवूडनें अशी सुचविली आहे कीं, ग्रहोपग्रहांच्या आकर्षणाचा परिणाम घडून कांहीं क्षेत्रातलें उपग्रह अजीबात हुसकावून लावले गेले

असले पाहिजेत व म्हणूनच शनीच्या वलयांत फटी दिसत असाव्यात. गुरुच्या आकर्षणाचा असाच परिणाम लघुग्रहांच्या कक्षांवर झालेला आढळला आहे.

शनीचे उपग्रह—शनीभोंवतीं एकंदर दहा उपग्रह आहेत; त्यांतल्या नवांविषयीं निश्चित माहिती आहे. दहावा उपग्रह १९०५ सालीं पिकरिंगला आढळला. त्याचें नाव त्यानें थेमिस असें ठेविलें. तो अत्यंत मंद प्रभ असून शनीभोंवतीं त्याचा परिभ्रमण काळ २० दि. २०·४ तास असा आहे. त्याबद्दल अधिक माहिती उपलब्ध नाहीं.

बाकीच्या उपग्रहात सर्वात अधिक तेजस्वी टिटान हा आहे. तो प्रथम पाहाण्याचा योग सुप्रसिद्ध शास्त्रज्ञ हायगेन्स याला १६५५ सालीं लाभला. त्यावेळीं शनीचीं वलयें पृथ्वीशीं समांतर दृग्रेषेंत असल्यामुळें दिसत नव्हतीं. टेथिस, डायोन, ऱ्ही, जपेटस हे चार कॅसिनीला इ. स. १६७० ते १६८५ च्या दरम्यान आढळले. त्याही वेळीं शनीचीं वलयें अदृश्यच होतीं. मिमॉस आणि एन्सिलॅडस् हे दोन हर्शेलला १७८९ मध्यें आणि हायपेरियन हा बाँडला १८४८ त दिसला. १८९८ सालीं पिकरिंगला फोबे हा उपग्रह आढळला.

शनीच्या या उपग्रहाचा एक विशेष हा आहे कीं, यांतल्या कांहीं उपग्रहांच्या परिभ्रमणकाळात परस्परसंबद्ध असें कांहीं तरी प्रमाण आढळतें. उदाहरणार्थ मिमॉसच्या सुमारें दुप्पट वेळ टेथिसला लागतो; आणि एन्सिलॅडस याच्या दुप्पट डायोनला लागतो. त्याचप्रमाणें मिमॉस आणि एन्सिलॅडस याचे परिभ्रमण काल आणि डायोन व टेथिस याचे काल याचें परस्पराशीं प्रमाण २ : ३ असें येतें. हे चारही उपग्रह आणि पांचवा ऱ्हीं, यांची कक्षा शनीच्या वलयाच्या पातळीच्या अगदीं जवळपास आहे.

टिटान हा सर्वांत मोठा. त्याचें बिंब दुर्बिणींतून दिसतें. त्याचा

सरासरी दृश्य व्यास ०·६" आहे आणि प्रत्यक्ष व्यास सुमारें ३५५० मैल आहे. त्याच्या आकर्षणाचा परिणाम हायपेरियनच्या कक्षेवर बराच होतो. १९४४ सालीं कुइपरनें टिटानचा वर्णपट घेतला तेव्हां त्याचें शनीशीं चांगलेंच साम्य आढळलें; इतकेंच कीं, टिटानवर मिथेनचे पट्टे थोडे सौम्य होते. टिटानचे वस्तुमान इतकें कमी आहे की, त्याच्या तपमानांत सुमारें १००° सें. नें जरी कधीं झाळीं वाढ झाली तरी त्याचें वातावरण नाहींसें होईल. मिमॉस व एन्सिलॅडस याचे व्यास अनुक्रमें ३७० आणि ४६० मैल असून टेथिस, डायोन व र्‍ही याचे व्यास ७५०, ९००, आणि ११५० मैल आहेत. यापैकीं कोणाचेंही बिंब दिसत नाहीं. इतरांचे व्यास अद्याप नीट मोजतां आलेले नाहींत.

आकर्षण परिणामावरून कांहींचें वस्तुमान निश्चित करता आलें आहे. टिटानचें वस्तुमान आपल्या चंद्राच्या $१\frac{३}{४}$ आहे आणि डायोन, टेथिस, मिमॉस आणि एन्सिलॅडस याचें अनुक्रमें चंद्राच्या $\frac{१}{७०}$, $\frac{१}{१२०}$, $\frac{१}{२१००}$ आणि $\frac{१}{५२०}$ असावें असें दिसतें. त्याच्या दृश्य चकाकींतही अंतराच्या मानानें बराच चढउतार आढळतो.

शनि आपल्या अक्षाभोंवतीं फिरतो त्याच दिशेनें म्हणजे पश्चिमेकडून पूर्वेकडे, बाकीचे सर्व ग्रह परिभ्रमण करतात. पण फोबे हा मात्र अपवाद असून तो उलट दिशेनें म्हणजे पूर्वेकडून पश्चिमेकडे परिभ्रमण करतो. या त्याच्या प्रतिलोम गतीनेंच शनीच्या छोट्याशा कुटुंबाला विशेष स्वरूप प्राप्त झालें आहे.

युरेनस, नेपचून आणि प्लूटो : १०

प्रास्ताविकः—सूर्यकुलांतल्या इतर ग्रहांपेक्षां युरेनस, नेपचून आणि प्लूटो या तिन्ही ग्रहांना स्वतःचे म्हणून कांहीं वैशिष्ट्य आहे. बुध, शुक्र, मंगळ, गुरु आणि शनि हें ग्रहपंचक बहुतेक सर्व देशांतून अनादिकाळापासून माहीत आहे. साध्या डोळ्यांनींहि ते ग्रह कोणालाही दिसतात. तारकामय आकाशाच्या पार्श्वभूमीवरून ते सावकाश किंवा जलद सरकत असलेले आढळतात. त्याचें 'ग्रहत्व' प्रचीतिला येतें. यूरेनस नेपचून आणि प्लूटो हे तीन्ही ग्रह साध्या डोळ्यांनीं दिसत नाहींत. त्यांच्या विषयींचें ज्ञान, माणसाला झालें तें त्यानें हेतुपुरस्सर ज्ञानार्जनासाठीं केलेल्या तपश्चर्येतून आणि लाविलेल्या सविकल्प समाधींतून जन्माला आलें आहे. दुर्बिणींतून युरेनस प्रकट झाला, गणितानें नेपचूनचा पाठलाग केला आणि निकाश कोटराच्या (कॅमेरा)च्या दिंडी दरवाजांतूनच गांठला गेल्यावर प्लूटोला देखील मानवी जिज्ञासेपुढें थोडा वेळ थांबून 'वरंब्रूहि' म्हणावें लागलें.

युरेनसचा शोधः—सुप्रसिद्ध ज्योतिर्वेत्ता विल्यम हर्शल हा आपल्या ७ इंच व्यासाच्या परावर्तक दुर्बिणीच्या सहाय्यानें सबंध आकाशाचें वेध पद्धतशीरपणें घेत असतांना, १३ मार्च १७८१ च्या मध्य रात्रींच्या सुमाराला, पुनर्वसू नक्षत्राच्या जवळपासचे तारे पाहात होता. त्यांतले कांहीं अंधुक तारे पहात असतांना एका 'ताऱ्या'च्या बाबतींत त्याला राहून राहून, किंचिन्मात्र निराळेपणा वाटूं लागला. हर्शलखेरीज इतर कोणी पाहिलें असतें तर हा निराळेपणा कदाचित् त्याच्या ध्यानांत देखील आला नसता. हर्शलनें आपली स्वतःची दुर्बिण स्वतःच बनविलेली होती आणि तिच्या साहाय्यानें तो दररोज क्षितिजाच्या एका अंगापासून दुसऱ्या समोरच्या अंगापर्यंतच्या सर्व आकाश कटाहांत येणारे तारे अनेकवार

निरखित आलेला होता. त्यामुळें त्यांतला तारान् तारा—अर्थातच त्याच्या दुर्बिणीच्या आवाक्यांत येणारा—त्याच्या ओळखीचा झालेला होता. हा नवा 'तारा' थोडासा थबकट, बिंबयुक्त दिसला. धूमकेतु देखील प्रथम दृष्टिपथांत येतात तेव्हा ते असेच थबकट दिसतात. म्हणून हा धूमकेतूच असावा अशी हर्शलची समजूत झाली. त्याचा दृश्य व्यास ४″ चा होता. धूमकेतु जितक्या झपाट्यानें दृष्टिपथात अवतरतात, तितक्याच झपाट्यानें ते दृष्टीच्या क्षेत्रांतून तिरोधानहि पावतात. पण हा 'धूमकेतु' सुमारें वर्षभरपर्यंत हर्शलनें पाहिला आणि त्याच्या वेधाचीं टिपणें घेऊन ठेवलीं. पांच महिन्यांच्या सुसंगत वेधाच्या आधारानें सुप्रसिद्ध फ्रेंच गणिती लाप्लास यानें त्याची कक्षा ठरविली, तेव्हां ती शनीपासून दूर अंतरावर असलेल्या एखाद्या 'ग्रहा'ला शोभेशी, सूर्यकेंद्र विवृत्ताकृति निघाली. अशा रीतीनें, माणसाच्या मर्यादित ज्ञानक्षेत्रापुरतें बोलावयाचें झाल्यास सूर्यकुलांत एक नव्या 'ग्रहा'चा जन्म झाला.

ज्योतिष्यकामध्यें झालेला १८ व्या शतकांतला हा एक महत्त्वाचा शोध असून त्यावेळीं त्याचा बराच बोलबालाही झाला होता. हर्शलनें हा ग्रह प्रथम पाहिला म्हणून शास्त्रीय रिवाजाप्रमाणें त्याच्या नामकरणाचा अधिकार त्यालाच मिळाला. हर्शल हा त्यावेळीं इंग्लंडचा राजा ३ रा जॉर्ज याच्या पदरीं होता. या जॉर्जनें त्याला 'सर'की बहाल केली, राज-ज्योतिषि नेमून श्रांतवेतन दिलें आणि तो बनवीत असलेल्या ४८ इंची परावर्तक दुर्बिणीसाठीं आर्थिक साहाय्यहि केलें म्हणून त्याचा अंशतः उतराई होण्यासाठीं हर्शलनें या ग्रहाला 'जॉर्जियम सिडस' असें नांव दिलें. लोक या ग्रहाला स्वयंस्फूर्तीनें 'हर्शल' असेंही म्हणत. बोल या ज्योतिर्वेत्त्यानें युरेनस हें नांव प्रथम सुचविलें आणि तेंच आतां रुढ झालेलें आहे.

यूरेनस हाही एक ग्रहच आहे असें ठरल्यानंतर साहजिकच तो पूर्वी

कोणी पाहिला होता की काय याविषयी जिज्ञासा उत्पन्न होऊन जुने वेध तपासले गेले. तेव्हां असें आढळलें कीं, हर्शेलपूर्वी तो सुमारें वीस वेळां पाहिला गेल्याची नोंद सापडली. पण या प्रत्येक वेळीं तो एक निश्चल तारा म्हणूनच मानला गेला होता. मौज अशी कीं, पॅसिफिक महासागरा तल्या कांहीं बेटांवरल्या रानटी लोकांतल्या जोतिषांना या ग्रहाची ओळख होती व तें त्याला आपल्या भाषेंत 'शनैश्चर' म्हणत असत. अनुकूल परिस्थितींत चांगल्या दृष्टीच्या माणसांना तो साध्या डोळ्यांनीं देखील दिसू शकतो हें ध्यानांत घेण्याजोगें आहे. पण हर्शेलला तो सांपडला या घटनेला इतकें महत्त्व येऊन बसलें कीं, त्याचें नांव युरेनसशीं आता निगडित होऊन बसलें आहे.

युरेनसचें दर्शन—सर्वसाधारण माणसाला युरेनस हा साध्या डोळ्यांनीं दिसत नाहीं. बऱ्या दृष्टीच्या माणसाला ५ व्या ६ व्या प्रतीचे तारे दिसूं शकतात. युरेनस हा साधारणतः इतपतच तेजस्वी दिसत असल्या-मुळें, वर सांगितल्याप्रमाणें तो अनुकूल परिस्थितींत, सराईत दृष्टीच्या माण-सांना, त्याची जागा माहित असल्यास साध्या डोळ्यांनींही दिसूं शकतो. दुर्बिणींतून गुरु आणि शनीचे वेध घेऊन झाल्यावर युरेनसकडे वळणाराला त्याच्यावर विशेष आकर्षक असें कांहींच आढळत नाहीं. सूर्यापासून शनि जितक्या अंतरावर आहे, त्याच्या सुमारें दुप्पट अंतरावर युरेनस असल्यामुळें साहजिकच त्याला फार लांबून सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालावी लागते. आज एखाद्या ताऱ्याजवळ युरेनस दिसला तर वर्षाभरांत तो सुमारें सव्वाचार अंशच पूर्वेकडे चळलेला असतो. म्हणजे अगदीं चिकाटीनें आणि बार-काव्यानें त्याच्याकडे पहात रहावें तेव्हांच तो ग्रह असल्याचें उघडकीला येतें.

युरेनसचें कक्षावृत्त—युरेनस हा सूर्यापासून सुमारें १ अब्ज ७८ कोटी मैलांच्या अंतरावर आहे. त्याच्या कक्षेची विमध्यता ०·०४७२

आहे, म्हणजे ती गुरुपेक्षां थोडी कमी आहे. त्याची कक्षा आपल्या आयनिक वृत्ताशीं अर्ध्या अंशापेक्षांही कमीच कललेली आहे; म्हणजे तो आपल्या आयनिकवृत्तानच राहून सूर्यप्रदक्षिणा घालतो असें म्हणतां येईल. इतर सर्व ग्रहांच्या कक्षा आपल्या आयनिक वृत्ताशीं सव्वा अंशाहून अधिक कललेल्या आहेत. त्याला एक सूर्यप्रदक्षिणा पुरी करण्याला ८४ वर्षे लागतात, आणि सूर्याशीं एकदा योग किंवा प्रतियोग घडल्यापासून पुन्हा तसाच योग किंवा प्रतियोग घडण्याला सुमारें ३७० दिवस लागतात. आपल्या कक्षेमध्यें तो सेकंदाला ४ मैलांच्या वेगानें धावत असतो.

युरेनसचें निजस्वरूप—युरेनसचा दृश्य व्यास सुमारें ३·८″ असून त्यांत स्थानपरत्वें फारच थोडा फेरफार होतो. म्हणजे मैलांच्या भाषेत बोलावयाचें झाल्यास त्याचा व्यास ३१,००० मैल होईल. युरेनसचें बिंब फारच लहान दिसतें, त्यामुळें या आकड्यांत बरीच मोठी कसर असण्याचा संभव आहे. तथापि तो बरोबर आहे असें मानिल्यास त्याचें पृष्ठक्षेत्र आणि आकार हे पृथ्वीच्या अनुक्रमें १५ आणि १६ पट भरतील. सूक्ष्ममापकाच्या साह्यानें मोजल्यास युरेनसचा ध्रुवव्यास त्याच्या वैपुवव्यासापेक्षां लहान असावा असें वाटतें. गुरु आणि शनीच्या वेधांशीं हें जुळण्याजोगें आहे हें उघडच आहे. युरेनसला पांच उपग्रह आहेत. त्यावरून त्याचें वस्तुमान बारकाव्यानें काढतां येतें, तें पृथ्वीच्या सुमारें १४·६ पट भरेल. त्याची घनता पृथ्वीच्या सुमारें ०·२० पट म्हणजे गुरुपेक्षां थोडी कमीच आहे. त्याच्या पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षण पृथ्वीच्या ०·८४० पट असून त्याच्या वातावरणांतील रेणु बाहेर निसटून जावयाचें झाल्यास त्यांना सेकंदागणिक सुमारें १३ मैलांचा वेग यावा लागेल.

युरेनसचें वातावरण—हा जो युरेनसवरील मोक्षवेग सांगितला तो पृथ्वीवरील वेगाच्या दुपटीइतका असल्यामुळें, तेथें बरेंच घनदाट

वातावरण असलें पाहिजे, असें अनुमान निघतें. युरेनसचा प्रतिक्षेप ०·४५ आहे. त्यावरून तेथील वातावरणात पृथ्वीप्रमाणेंच भरपूर ढग असावेतसें वाटतें. गुरु शनीच्या बिंबावर दिसूं शकतात तशा प्रकारच्या खाणाखुणा येथें नसल्यामुळें युरेनसचा परिवलनकाल नीटसा समजत नाहीं. लोवेल आणि स्लिफर यांच्या वेधांवरून हा काल सुमारें १०·८ तासाचा असावासें वाटतें. युरेनसचा वर्णपट साधारणतः गुरु आणि शनि यांच्यासारखाच आहे, फरक इतकाच कीं हिरवा, नारिंगी आणि तांबडा या वर्णांतलें मिथेनचें शोषण विशेष आढळतें.

युरेनसचें सूर्यापासूनचें अंतर पृथ्वीच्या १९ पट असल्यामुळें त्याला मिळणारा प्रकाश, पृथ्वीशीं तुलना केल्यास तिच्या $(\frac{१}{१९})^२ = \frac{१}{३६१}$ इतकाच आहे. त्याचें तपमान – १८५° श. हूनही कमीच असावें, असें तेजोमापनावरून दिसतें. आपल्या पृथ्वीचें विषुववृत्त हें आयनिकवृत्ताशीं सुमारें २३½° नीं कललेलें आहे. पण युरेनसचें विषुववृत्त मात्र त्याच्या कक्षावृत्ताशीं ९८° नीं कललेलें आहे. याचा अर्थ असा झाला कीं, स्थूलमानानें ज्या दिशेला आपले दक्षिणोत्तर ध्रुव येतात त्या, बाजूला युरेनसची विषुवपातळी येते आणि आयानिकवृत्ताच्या जवळपास त्याचा अक्ष येतो. हा त्याचा कल ९०° पेक्षाही मोठा आहे, असें जेव्हां म्हटलें जातें तेव्हां त्याचा अर्थ असा कीं इतर ग्रहाची विषुवपातळी आयनिकवृत्ताच्या ज्या बाजूला कललेली आहे त्याच्या विरुद्ध बाजूला युरेनसचा विषुवपातळी येते. त्यामुळें बाकीचे ग्रह सूर्याभोंवतीं प्रदक्षिणा घालताना पश्चिमेकडून पूर्वेकडे जातात आणि आपल्या अक्षाभोंवतीं देखील त्याच दिशेनें फिरतात, त्याच्या थोडेसें उलट युरेनसच्या बाबतींत घडतें. म्हणजे त्याचें परिभ्रमण पश्चिमेकडून पूर्वेकडेच असलें तरी परिवलन मात्र पूर्वेकडून पश्चिमेकडे घडतें.

वर सांगितल्याप्रमाणें आपल्या पृथ्वीची विषुवपातळी आयनिकवृत्ताशीं

थोडीशी कललेली असल्यामुळें तिच्या विषुवभागाजवळ नेहमीं सूर्याचीं लंबकिरणें पडतात आणि जसजसें दक्षिणेकडे वा उत्तरेकडे जावें तसतशी तीं तिरपीं येतात. युरेनसच्या बाबतींत अगदीं निराळें घडतें. दोहोंतला फरक नीट ध्यानात घ्यावयाचा झाल्यास असें म्हणता येईल कीं पृथ्वी आयनिकवृत्तांवर **उभी** राहून अंगाऱ्या भिंगाऱ्या घेत सूर्य प्रदक्षिणा घालते, तर युरेनस त्याच पातळींत **आडवा** पडून, लोळत, सूर्यप्रदक्षिणा घालतो. त्यामुळें युरेनसच्या ध्रुवावर लंब किरणें पडतील आणि विषुवावर तीं तिरपीं असतील. यामुळें तेथील वातावरणातील फेरफार पृथ्वीपेक्षा थोडे निराळे असतील.

युरेसनचे उपग्रह—युरेसनसला चार उपग्रह आहेत. त्यांतल टिटानिय आणि ओबेरॉन हे दोन उपग्रह खुद्द विलयम हर्शलनेंच, युरेनसच्या शोधानंतर लवकरच म्हणजे १७८७ मध्यें पाहिले. उरलेले दोन एरिअल आणि अम्रियल हे १८५१ त लासेलनें प्रथम पाहिले. वर सांगितल्याप्रमाणें या चारहि उपग्रहाच्या कक्षा युरेनसच्या कक्षेशीं ९८° नीं कललेल्या असून त्यांची गति अनुलोम म्हणजे पूर्वेकडून पश्चिमेकडे आहे. त्यांचे व्यास ५०० ते १००० मैलाचे असावेत, म्हणजे आपल्या चंद्रापेक्षां ते आकारानें लहान असले तरी मंगळाच्या उपग्रहांपेक्षां मोठे आहेत. नुकताच ५ व्या उपग्रहाचा शोध लागला आहे. तो युरेनसपासून ८१,००० मैलावर असून त्याचा परिभ्रमण काल ३४ तासांचा आहे.

नेपच्यून

नेपच्यूनचा शोध—साध्या डोळ्यांनीं न दिसणाऱ्या ग्रहांतला नेपच्यून हा दुसरा ग्रह आहे. अनुकूल परिस्थितींत युरेनस निदान कोणाला नं

कोणाला तरी साध्या डोळ्यांनीं दिसूं शकतो, दिसलेला आहे. नेपच्यूनची गोष्ट तशी नाहीं. तो सर्वस्वी दुर्बिणीच्या आवाक्यांतलाच आहे.

मागें युरेनसचा विचार करतांना हें सांगितलेंच आहे कीं, इ. स. १७८१ मध्यें हर्शलनें प्रथम दुर्बिणींतून युरेनस पाहिला असला तरी तत्पूर्वी तो सुमारें २० वेळा इतरांनीं पाहिला होता. वेधही टिपून ठेवले होते. फ्लॅमस्टीडनें १६९० सालीं प्रथम युरेनसचे वेध टिपून ठेवले तेव्हांपासून, १७८१ पर्यंतच्या वेधांचा विचार करून युरेनसची कक्षा ठरविण्याचा प्रयत्न केला तेव्हा बूवर्ड या शास्त्रज्ञाला असें आढळून आलें कीं नव्या म्हणजे इ. स. १७८१ नंतरच्या वेधांशीं ही कक्षा जुळण्याजोगी नव्हती, म्हणून सर्वस्वी नव्या, ताज्या, वेधांवरून कक्षा निश्चित केली, तेव्हा असें आढळून आलें, कीं सुमारें १८२१–२२ सालापर्यंत अमुक दिवशीं अमुक ठिकाणीं युरेनस आढळेल असें गणितानें काढलें तर प्रत्यक्ष आकाशांत मात्र तो थोडासा पुढें सरकलेला आढळे. त्यानंतर सुमारें २०-२५ वर्षांपर्यंत असें आढळलें कीं, युरेनस हा आपल्या गणितागत स्थानाच्या मागें मागें रेंगाळूं लागला आहे. तसें पाहिलें तर हें रेंगाळणें फार मोठ्या प्रमाणांत नव्हतें. चंद्रबिंबाचा व्यास दिसतो त्याच्या सुमारें $\frac{1}{100}$ इतकाच युरेनस मागें पडलेला आढळूं लागला होता. पण ज्योतिर्वेत्त्यांच्या दृष्टीनें एवढी कसर देखील अगदीं असह्यच होती. त्यांनीं असा रास्त संशय घेतला कीं, बहुधा सूर्यापासून खूपच दूर युरेनसच्या बाहेरच्या अंगाला आणखी एखादा ग्रह असावा; तर उल्लेखिलेल्या पहिल्या ४० वर्षांच्या अवधींत तो बहुधा युरेनसच्या पुढें पूर्वेकडे असावा, त्याच्या आकर्षणामुळे युरेनस अधिकाधिक धांवत असावा. १८२२ मध्यें युरेनसनें त्याला गांठून ओलांडलेंही असावें आणि त्यानंतर हा नवा ग्रह हळू हळूं मागें पडूं लागला तेव्हां, आतां तो युरेनसला विरुद्ध दिशेला खेचून त्याचा वेग थोडासा कमी करीत असावा.

अशा रीतीनें बाहेरच्या अंगानें एखादा ग्रह युरेनसला खेंचीत असावा ही कल्पना बेसेलनें प्रथम सुचविली. गणितागत स्थान आणि प्रत्यक्ष वेधदृष्ट-स्थान यांवरून ही खेच किती होती हे अर्थातच समजूं शकत होतें.

म्हणून मग इंग्लंडमधील ॲडम्स आणि फ्रान्समधील लव्हेरियर या दोघा तरुण गणितज्ञांनी स्वतंत्रपणें गणित करून ह्या नव्या ग्रहाची कक्षा निश्चित केली आणि तो कोणत्या वेळीं कोठें दिसेल हेंही सांगितलें. पण इंग्लंडमध्यें चांगलेसे आकाशाचे नकाशे नसल्यामुळें प्रत्यक्ष वेध घेऊन या गणिताचा पडताळा पाहता आला नाहीं. जर्मनींत बर्लिन वेधशाळेंत, ही सोय उपलब्ध होती, तेथें दुर्बिणींतून योग्य स्थळीं पाहतां, गणितागत जागेच्या जवळपासच हा नवा ग्रह सप्टेंबर १८४६ मध्यें आढळला. त्याचें नांव नेपच्यून (जलदेवता—वरुण) असें ठेविलें गेलें.

नेपच्यूनची कक्षा:—नेपच्यूनचें सरासरी अंतर सूर्यापासून २ अब्ज ८० कोटी मैल आहे, म्हणजे सूर्यापासून आपली पृथ्वी जितक्या अंतरावर आहे, त्याच्या सुमारें ३० पट हें अंतर आहे. त्याच्या कक्षेचा विमध्यता ०·००८५ आहे. एकट्या शुक्राची विमध्यता वगळली, तर इतकी कमी विमध्यता दुसऱ्या कोणत्याहि ग्रहाची नाहीं; याचाच अर्थ असा कीं ही कक्षा इतरांपेक्षां अधिक वृत्तप्राय आहे. असें असलें तरी या कक्षेचें क्षेत्र बरेंच मोठें असल्यामुळें नेपच्यूनचें अपसूर्यअंतर हें उपसूर्यांतरापेक्षां सुमारें ४·८ कोटी मैलांनीं अधिक भरतें. नेपच्यूनकक्षेचा आपल्या आयनिक-वृत्ताशीं असलेला कल १´ ४६° आहे. त्याला सूर्याभोंवतीं एक प्रदक्षिणा घालण्याला १६५ नाक्षत्र वर्षें म्हणजे युरेनसच्या सुमारें दुप्पट अवधि लागतो. ताऱ्यांच्या अनुषंगानें पाहिल्यास वर्षाभरांत तो फक्त २° पूर्वेकडे चालतो, म्हणजे त्याची सरासरी दैनंदिन गति २१″·५ येते. त्याचा सांवासिक काळ ३६७॥ दिवसांचा आहे. या अवधींत त्याची पृथ्वीसापेक्ष

गति एकसारखी बदलत असते. सूर्यासंवासाच्या वेळीं ती दररोज १३३″ आणि प्रतिसंवासाच्या वेळीं १०१″ असते. या त्याच्या गत्यंतरवरूनच तो ग्रह आहे, हें त्याच्या प्रत्यक्ष पहिल्या वेधानंतर चटकन् निश्चित करता आलें. त्याचा कक्षागत वेग सेंकंदाला सुमारें ३·५ मैल आहे.

नेपच्यूनचें निजदर्शन–(अ) नेपच्यूनचा दृश्य व्यास सुमारें २·६″ आहे. हा ग्रह फार दूर असल्यामुळें, आणि त्याची कक्षाहि वृत्तप्राय असल्यामुळें त्याच्या दृश्यव्यासात फारसा फरक आढळत नाहीं. मैलांमध्यें मोजल्यास त्याचा व्यास सुमारें ३१,००० मैल भरतो. म्हणजे तो यूरेनसपेक्षा थोडासा मोठा ठरतो. त्याच्या वैषुवव्यासापेक्षा त्याचा अक्षव्यास सुमारें $\frac{1}{50}$ नीं लहान असावा असें अनुमान आहे. त्याचा आकार पृथ्वीच्या सुमारें ७२ पट आहे. त्याला एक उपग्रह असल्यामुळें त्याचें वस्तुमान काढतां येतें, ते पृथ्वीच्या सुमारें १७ पट भरतें. म्हणजे त्याची घनता पाण्याच्या १·६२ इतकी होईल. त्याच्या पृष्ठभागावरील गुरुत्वाकर्षण १·१४, म्हणजे सुमारें पृथ्वीइतकेंच असल्याचें आढळतें. युरेनस आणि नेपच्यून या दोन्ही ग्रहात आकार, वस्तुमान, घनता, आणि गुरुत्वाकर्षण या बाबतींत बरेंच साम्य आढळतें.

दुर्बिणींतून पाहिल्यास नेपच्यूनचें बिंब थोडेसें हिरवें दिसतें; पण गुरूवर वा शनिवर पट्टे आणि डाग दिसतात तशासारखा कांहींच प्रकार युरेनस वा नेपच्यूनवर आढळत नाहीं, त्यामुळें दुर्बिणीच्या द्वारा त्याचा परिवलन काल काढतां आलेला नाहीं. मूर आणि मेंझेल यानीं तो वर्णद्वारां सुमारें १५·८ तास असावा असें ठरविलें आहे.

आपलीं १६५ वर्षें म्हणजे नेपच्यूनचें एक वर्ष होतें. सूर्यापासून तो पृथ्वीच्या ३० पट अंतरावर असल्यामुळें तेथें आपल्या $\frac{1}{900}$ हिश्यांनीं उष्णता मिळेल. इतक्या दूर अंतरावर इतकी कमी उष्णता सतत मिळणार

असल्यामुळें तेथें ऋतुमानाचे फरक विशेष नसतील हें उघडच आहे. वातावरण बहुधा दाट असावें. गुरु, शनि आणि युरेनस यांच्या वर्णपटापेक्षा नेपचूनचा वर्णपट फारसा निराळा येत नाहीं. फरक असतां तर तो एवढाच आहे कीं, नेपचूनच्या वातावरणात दीर्घ आयामाचे तरंग विशेष ठळकपणें शोषित गेल्याचें आढळतें. त्याचा प्रतिक्षेप सुमारें ०·५० असावासें वाटतें. त्याचें तपमान सुमारें –२२०° श. भरलेलें आहे. त्याच्या अंतरंगात काय असेल त्याबद्दल अजून कांहींच सांगता येत नाहीं.

नेपचूनवरून सूर्याकडे पाहिल्यास तो एक ठळक बिंदुप्राय, १′ व्यासाचा गोल दिसेल, तो अतिशय झगझगीत असल्यामुळें साध्या डोळ्यांनीं त्याचें बिंबत्व प्रतीतीला येणार नाहीं. पृथ्वी, मंगळ शुक्रादि ग्रह दिसणार नाहींत. युरेनस दिसूं शकेल, पण गुरु आणि शनि पाहण्यासाठीं प्रयासच करावे लागतील.

नेपचूनचे उपग्रह—नेपचूनला दोन उपग्रह आहेत. त्यांतला ट्रिटन हा एकच उपग्रह लॅसेल या ज्योतिर्वेत्त्याला नेपचूनच्या प्रत्यक्ष शोधानंतर सुमारें महिन्याभरांत प्रथम दिसला. त्याचें नेपचूनपासूनचें सरासरी अंतर सुमारें २ लक्ष २० हजार मैल, म्हणजे नेपचून त्रिज्येच्या १३·३ पट आहे. त्याला नेपचूनभोंवतीं एक प्रदक्षिणा घालण्यास ५ दिवस २१ तास लागतात. पृथ्वीवरून पाहणाऱ्याला खुद्द नेपचून हा देखील ८ व्या ९ व्या, प्रतीच्या ताऱ्याइतपतच तेजस्वी दिसत असल्यामुळें हा उपग्रह त्याहूनही मंद असल्यास नवल नाहीं. त्याचा आकार आपल्या चंद्राएवढा असावा असें अनुमान आहे. आयनिक वृत्ताशीं त्याचा कल सुमारें ३५° चा आहे. तो नेपचूनभोंवतीं अपसव्य दिशेनें म्हणजे पूर्वेकडून पश्चिमेकडे जात जात प्रदक्षिणा घालतो. आपल्या पृथ्वीचा अक्ष ज्याप्रमाणें सुमारें २६,००० वर्षांत आयनिक ध्रुवाभोंवतीं प्रदक्षिणा घालून पुन्हां पूर्वस्थळीं येतो त्या-

प्रमाणेंच ट्रिटनच्या अक्षाभोंवतीहि एक प्रदक्षिणा पुरी करून पूर्वस्थळी येण्याला ५८० वर्षे लागतात. याचें कारण असें कीं खुद्द नेपच्यून हा आकारानें विषुववृत्ताकडील अंगाला बराच फुगीर असून त्याचें विषुववृत्त ट्रिटनच्या कक्षेशीं सुमारें २०° नीं कललेलें आहे. त्यामुळें खुद्द नेपच्यूनच्या आकर्षणाचा परिणाम या उपग्रहाच्या गतीवर होऊन तिला एक प्रकारें अडसर घातल्याप्रमाणें होतें.

नेपच्यूनचा दुसरा उपग्रह अलीकडे मे १९४९ मध्यें सांपडला असून त्याचें नाव तूर्त 'जी ३०' ठेवण्यात आलें आहे. त्याचा व्यास बहुधा २०० मैल असावा आणि त्याला नेपच्यूनभोंवतीं प्रदक्षिणा घालण्याला सुमारें २ वर्षे लागत असावींसे आढळलें आहे.

प्लूटो

प्लूटोचा शोध—प्लूटो हा ग्रह अगदीं अलीकडे, म्हणजे सुमारें २० वर्षांपूर्वी सांपडला असल्यामुळे अद्याप याच्या विषयींचे निर्णायक वेध घेऊन पुरेशी माहिती उपलब्ध व्हावयाची आहे. तो फार दूर आहे, त्यामुळें निदान १२ इंची दुर्बीण हाताशीं असेल तरच तो दिसूं शकतो; आणि असा दिसला तरी इतका लहान, बिंदुप्राय दिसतो कीं एरव्हींच्या मार्गांनीं त्याच्याविषयीं सविस्तर माहिती मिळविणें दुरापास्त आहे.

विसाव्या शतकाच्या आरंभापासूनच ज्योतिर्वेत्त्यांना असें आढळलें होतें कीं युरेनस आणि नेपच्यून यांचीं दैनंदिन स्थानें गणितानें काढली आणि तीं प्रत्यक्ष वेधाशीं ताडून पाहिलीं तर तीं तंतोतंत जुळत नाहींत; त्यांत थोडीशी कसर आढळते. ही कसर आढळण्याचीं दोन कारणें संभवतात.

पहिलें कारण असें कीं नेपच्यूनचा शोध लागल्यापासून विसाव्या शतकाच्या आरंभापर्यंत जेमतेम ५० वर्षेंच लोटलेलीं होतीं, त्याची जेमतेम $\frac{1}{3}$ सूर्य-प्रदक्षिणा झालेली होती, त्यामुळें नेपच्यूनचा प्रदक्षिणा काळ, त्याचा वेग, त्याचें अंतर इत्यादि ज्या गोष्टींच्या आधारें त्याची कक्षा निश्चित केली गेली होती, त्या तशाच आहेत अशी वेधानें खात्री पटावयाची होती. आलेली कसर ही कदाचित् या अनिश्चिततेतून निर्माण झालेली असण्याचा संभव होता. यानंतर दुसरें कारण असें कीं, कदाचित् नेपच्यूनच्याही बाहेर आणखी एखादा ग्रह असून त्याच्या आकर्षणामुळें ही कसर निर्माण होत असावी.

म्हणून मग नेपच्यूनच्या कक्षेची अनिश्चितता ध्यानात घेऊन गणितज्ञांनीं फक्त युरेनसच्या कक्षेवरच घडणारे परिणाम तेवढे ध्यानांत घेतले, आणि हे परिणाम घडविण्याला नेपच्यूनखेरीज आणखी एखादा ग्रह असेल तर त्याचें संभाव्य स्थान कोणतें, हें नेपच्यूनची आज उपलब्ध असलेली माहिती ध्यानांत घेऊन ठरविलें. गणिताने अशीं दोन स्थानें आलीं, तीं एकमेकापासून १८०° भोगांतरावर होतीं.

हें ध्यानांत घेऊन फ्लॅगस्टाफ वेधशाळेंतील लोवेल या ज्योतिर्वेत्त्यानें १९०६ सालापासून ५ इंची निकाश कोटराच्या साहाय्यानें आकाशाच्या त्या त्या भागाचे निकाश घेण्याला सुरुवात केली. अशा रीतीनें आकाशाचे जेव्हां निकाश घेतले जातात, तेव्हां पृथ्वीच्या गतीनेंच, पण उलट दिशेला कॅमेऱ्याचें तोंड वळत राहील म्हणजेच सापेक्षतेनें कॅमेरा स्थिर राहील असें केलें जातें. यामुळें साहजीकच स्थिर असणाऱ्या ताऱ्यांचे निकाश केवळ बिंदुप्राय स्थिरच येतात, पण उल्का, धूमकेतू, वगैरेंसारखे सापेक्षतेनें चल असणारे आकाशीय आविष्कार जेव्हां या निकाशांत उमटतात तेव्हां, त्या जागीं एक फराटा उमटलेला दिसतो. अशा रीतीनें आकाशाच्या त्याच क्षेत्राचे निरनिराळ्या वेळचे निकाश घेऊन ते पडताळून पाहिले म्हणजे या

फराय्यांत आढळणारे स्थलांतर, त्याची साक्षेप मंद स्पष्टता, त्याच्या आकारांतील फेरफार इत्यादिकांवरून त्यांचें आकाशांतलें स्थान त्यांचा वेग वगैरे काढतां येतात आणि त्यावरून त्याचा मार्ग निश्चित करतां येतो.

लोवेलनें या ग्रहाला ' क्ष ' असें नाव दिलें होतें, गणितानें त्याची कक्षा, त्याचा संभाव्य व्यास, वस्तुमान इत्यादिकांविषयीं कांहीं अनुमानें प्रसिद्ध केलीं होतीं आणि १९२९ पर्यंत अधूनमधून प्रत्यक्ष आकाशांतहि वेधद्वारां त्याचा शोध चालविला होता. त्यानंतर १९२९ मध्यें क्लाइड टॉबो या नावाच्या एका २३ वर्षें वयाच्या तरुणानें लोवेल वेधशाळेंत हें काम १३ इंची निकाशकोटराच्या साहाय्यानें सुरु केलें आणि अनेक निकाशाचें परीक्षण एका किचकट पद्धतीनें केलें. या परीक्षणातून प्लूटोचा ' जन्म ' झाला.

आकाशाच्या केवळ एकाच भागाचे नव्हे तर अनेक भागाचे शेंकडों निकाश घेऊन त्यांत उमटलेल्या सहस्रावधि ताऱ्यांकडे बारकाईनें पहावयाचे आणि त्यांतला एकच एक बारीकसा ठिपका असा निवडून काढावयाचा कीं, ज्याला इतरांच्या मानानें किंचिन्मात्र गति आहे. हें काम गवताच्या गंजींतून आत घुसलेली सुई शोधून काढण्याइतकेंच बिकट आहे. अशी सुई हुडकून काढण्याचे दोन मार्ग. पहिला कोणालाहि सुचणारा धोपट मार्ग असा कीं, गवताची काडीन् काडी बाजूला काढून सुई धुंडाळावयाची. दुसरा थोडासा बुद्धिवंताचा मार्ग असा कीं, पेंढ्याच तेवढ्या घ्यावयाच्या आणि त्यांच्या भोंवतालून चांगला जबरदस्त लोहचुंबक फिरवून त्यांतल्या एखादींत सुई लपलेली असेलच तर तिला खेंचून बाहेर काढावयाची. यांतला अमुकच मार्ग शहाणपणाचा आणि अमुकच वाईट असें म्हणण्याचा आशय नाहीं. शास्त्रज्ञांना आणि कोणाही व्यवहारी माणसाला, हातांशीं साधनें असतील त्यामानानें हें किंवा यासारखे इतर मार्ग स्वीकारावे लागतात.

टॉंबोच्या हातांशीं निमेषादर्श (Blink microscope) या नांवाचें एक साधन होतें. हीं साधनें हल्लीं ताऱ्यांचे वेध घेणाऱ्या अनेक वेधशाळांतून असतात. शेकडों तारे उमटलेले आहेत, अशी आकाशाच्या एका विभागाचीं दोन चित्रें घेऊन त्यांतल्या एका ताऱ्याचें इतरांच्या सापेक्षतेनें जर थोडेसें चलन झालें असेल, तर तें नुसत्या साध्या दृष्टीला त्या निकाशांकडे पाहून उमगत नाहीं. निमेषादर्शांत सोय अशी असते कीं आकाशाच्या एकाच भागाचे दोन निकाश एकमेकांशेजारी ठेवावयाचे आणि त्यांच्यावर आलटून पालटून प्रकाश पडेल अशी व्यवस्था करावयाची ती आलटापालट झपाट्यानें केली, म्हणजे या दोहोंतल्या एखाद्या निकाशावर जर एखादा नवा तारा उमटलेला असला, किंवा एखाद्यानें थोडेसें स्थलांतर केलेलें असलें तरी एखाद्या माणसानें डोळे मिचकवावे त्याप्रमाणें या ताऱ्याचें निमेषण—मिचकावणें-घडतें आणि तो तारा चटकन् उमगतो.

या पद्धतीनें कांहीं ताऱ्यांचें बाबतींत निमेषण घडतें कीं नाहीं याची चांचणी घेत असतांना टॉंबोला १८ फेब्रु. १९३०ला 'मिथुन' तारापुंजांतल्या डेल्टा ताऱ्यापासून थोड्या अंतरावर एक अशी आकृति आढळली कीं ती उल्केची वा एखाद्या ताऱ्याचीहि नसावी अशी त्याची खात्री होती. भोंवतालच्या ताऱ्यांपेक्षां या ठिपक्याची तेजस्विता २ प्रतींनीं अधिक आढळली. म्हणून इतर निकाश तपासले तेव्हां येथें एखादा उपग्रहच असावा अशी खात्री पटली. अनेक व्यक्तींनीं सुमारें १ महिनाभर वेध घेऊन मनाची खात्री केल्यानंतर मग १३ मार्च १९३० या दिवशीं लोवेलच्या वाढदिवशीं नेपच्यून बाहेर एक नवा ग्रह आढळल्याचें जाहीर केलें गेलें. सुमारें ११ वर्षें वयाच्या ऑक्स्फोर्ड येथील एका मुलीनें या ग्रहाला प्लूटो असें नांव सुचविलें, त्यांत सहजासहजी पर्सिव्हल लोवेल या आद्य संशोधकाची आद्याक्षरेंही असल्यामुळें हेंच नांव या ग्रहाला मुक्रर केलें गेलें.

लोवेलनें गणितानें कक्षा ठरविलेला (क्ष) हा ग्रह आणि प्रत्यक्ष वेधानें आढळलेला प्लूटो हे एकच आहेत कीं नाहीं, याविषयीं कांहीं वाद आहे. म्हणजे असें कीं केवळ युरेनसच्या कक्षेवर घडणाऱ्या फेरफारावरून नेपच्यून खेरीज आणखी एक ग्रह शोधून काढणें अशक्य आहे, केवळ योगायोगानेंच लोवेलच्या गणितागत जागीं दुसरा ग्रह आढळला, तरी लोवेलच्या आंकड्यांशीं या नव्या ग्रहाचीं कांहीं अंगें उदाहरणार्थ, वस्तुमान, घनता इत्यादि जुळत नाहींत, त्या अर्थी तो ग्रह नव्हे असेंही एक मत प्रचलित आहे. दुसरीहि एक अशी कल्पना आहे कीं, कदाचित् नेपच्यूनच्या बाहेर आणखी एखादा लघुग्रहांचा समूह असावा आणि प्लूटो हाहि त्यांतलाच एक असावा. प्लूटोविषयीं जसजसें अधिकाधिक ज्ञान मिळेल तसतसा या वादाचा खरेखोटेपणा कळूं लागेल.

प्लुटोविषयीं परिज्ञान—प्लूटोविषयीं आज जी माहिती उपलब्ध आहे, ती पुढीलप्रमाणें आहे.

प्लूटोचें सरासरी अंतर पृथ्वीच्या ३९·५२ पट म्हणजे ३ अब्ज ६८ कोटी मैल आहे. त्याचा परिभ्रमण काळ २४८·४३ वर्षें आहे. त्याच्या कक्षेची विमध्यता ·२४९ आहे, म्हणजे ती चांगलीच विवृत्ताकृति आहे. त्याची कक्षा आपल्या आयनिक वृत्ताशीं सुमारें १७·१ नीं कललेली आहे. तो सुमारें १४·५ प्रतीच्या ताऱ्या इतपत तेजस्वी आहे. त्याचा दृश्य व्यास ०″·४ हून कमीच आहे. तसेंच त्याचें वस्तुमानही पृथ्वीच्या ०·७ पेक्षां कमी आहे. त्याचा व्यास बहुधा ४००० मैल असावा, तसेंच त्याच्या पृष्ठभागाचें तपमान –२२९° श. च्या जवळपास असावें. पृथ्वीच्या सुमारें ४० पट अंतरावर तो आहे, त्याअर्थी त्याला पृथ्वीच्या $\frac{१}{१६००}$ इतकीच उष्णता मिळत असावी आणि तेथून सूर्यबिंबाकडे पाहिल्यास सूर्य हा केवळ तेजोबिंदुमात्रच दिसत असावा.

हल्लींच्या ग्रहांखेरीज आणखी ग्रहांची शक्यताः— सूर्याभोंवतीं आतां आणखी कांहीं ग्रह असतील, तर ते दोन टोंकांना असणें संभवनीय. म्हणजे बुध आणि सूर्य यांच्या दरम्यान तरी एक किंवा युरेनस नेपच्यून इत्यादिकांच्या बाहेर तरी एक. पैकीं पहिला संभव आता जवळ जवळ नष्टच झालेला आहे.

बुधाच्या उपसूर्य बिंदूला असलेली गति समाधानपूर्वक रीतीनें उलगडून दाखविण्यासाटीं ल-व्हेरिअरनें बुध आणि सूर्य याच्या दरम्यान एक ग्रह कल्पिला होता, आणि १८५९ साली डॉ. लस्करबोल्ड याने असें जाहीर करून टाकल होतें कीं बुध आणि सूर्य यांच्या दरम्यान आपण एक ग्रह पाहिला. त्याचें नांव वल्कन असें ठेविलें गेलें. पण त्यानंतर तो सूर्य बिंबावरुन गेलेला किंवा इतरही स्थळीं कोठें प्रयत्न करूनही आढळला नाहीं. शिवाय, आइन्स्टाईननें सापेक्षतावाद मांडल्यावर बुधाच्या उपसूर्य-बिंदूच्या गतीचें विवेचन अन्य रीतीनें करता येऊं लागलें. ग्रह असलाच पाहिजे असें मानण्याची गरज उरली नाहीं. यामुळें हल्लीं सूर्य आणि बुध यांच्या दरम्यान ग्रह नसावा असें मानण्याकडेच शास्त्रज्ञांचा कल आहे.

पण युरेनस, नेपच्यून व प्लूटो यांच्या बाहेर ग्रह असणारच नाहीं असें म्हणण्याला समर्पक कारण उपलब्ध नाहीं. इतकेंच काय, पण धूमकेतूंच्या कक्षांचा विचार केल्यास त्यातले कांहीं धूमकेतू जसें गुरूभोंवतीं घिरट्या घालींत असलेले आढळतात, तसेच धूमकेतूंचे आणखी एकदोन संघ असे असावेत कीं त्यांचे उपसूर्यबिंदु प्लूटोच्या बाहेर आहेत, त्याअर्थी कोणत्या तरी एखाद दुसऱ्या ग्रहाभोंवतीं हे धूमकेतु घिरट्या घालीत असण्याचा संभव आहे. हें खरें ठरल्यास प्लूटोच्या बाहेर आणखी एक दोन तरी ग्रह असावेत असा कयास आहे.

उल्का व अशनि—निरभ्र व काळोख्या रात्रीं आकाशाकडे पहात असतां अचानकपणें एखादी 'तारा' तुटून पडलेली दिसते, हें आपण सर्वांनीं पाहिलेलें आहे. हीच ती उल्का. दर दिवशीं कांहीं अब्ज उल्का पृथ्वीच्या वातावरणांत प्रवेश करतात. साधारण एक तेजोरेषा उमटते आणि या दिसेनाशा होतात. ही प्रकाशरेषा सुरुवातीला केसासारखी बारीक व मंद असते. पुढें रुंद व तेजस्वी होत जाते व पुनः थोडी मंद होऊन पुनः अधिक तेजस्वी होऊन नाहीशी होते.

सर्वच उल्का सारख्या तेजाच्या नसतात. कांहीं तर दुर्बिणींतून दिसूं शकतात. कांहीं शुक्राइतक्या तेजस्वी तर क्वचित् प्रसंगीं चंद्रालाही तेजांत मागें टाकतात. त्यांना 'अग्निगोल' म्हणतात. कित्येक हजार मैलावर त्यांचा झगझगाट पसरतो व त्यांच्या उजेडात पदार्थांच्या सावल्याही दिसतात. हे अग्निगोलही पुनः बारीक होतात अगर कधीं कधीं त्यांचा भडकून स्फोट होतो व लहान उल्का होऊन खालीं येतात. अग्निगोल पडतांना बहुधा मेघगर्जनेसारखी गर्जना अगर स्फोटध्वनि ऐकूं येतो व धरणीकंपच होत आहे कीं काय असें वाटतें; कधीं कधीं तर उल्कांची वृष्टीच होते व मनाला चकित करणारा विस्मयावह पण फारच अद्भुत व शोभिवंत देखावा दिसतो.

उल्का शब्दाचा संस्कृत कोशकार अर्थ देतात तो 'तेजाचा पुंज' असा आहे. क्षणार्धांत वातावरणांतून चमकून एखाद्या धांवत्या ठिणगीनें नाहींसें व्हावें, हा आविष्कार म्हणजेच उल्का. तसेंच आकारानें अतिशय लहान असल्यामुळें ज्यांना लघुग्रह असें म्हणतां येत नाहीं, असे लोहखंड किंवा अश्मखंड जेव्हां आकाशांतून फिरत राहतात व क्वचित् पृथ्वीच्या वातावरणांतून येऊन, चमकून आपलें थोडेंफार अस्तित्व शिल्लक ठेऊन

पृथ्वीवर येऊन आदळतात, तेव्हां त्या पाषाणादिकांना अशनि म्हणतात. उल्का हें अशनींचेंच एक क्षणिक दृश्य स्वरूप आहे. अशनि हा खगोलीय पदार्थ आहे आणि तो पृथ्वीच्या वातावरणांतून येऊं लागला म्हणजे उल्का स्वरुपांत त्याचा आविष्कार होतो. क्वचित् एखादा अशनि खालीं येऊन जमीन, पाषाण इत्यादिकांचें विदारण करतो, तर कधीं गारांच्या वर्षावा-सारखी दगडाची वृष्टीच होते. हे सर्व उल्का अगर पडणारे अशनि अनेक रंगांचे—तांबडे, पिवळे, नारिंगी, हिरवे, निळे व पांढरे असूं शकतात.

दर्शन-स्थान—अठराव्या शतकापर्यंत उल्का हा विजा चमकतात त्या प्रमाणें, पृथ्वीच्या खालच्या वातावरणांत उत्पन्न होणारा कांहींतरी प्रकार आहे अशी समजूत होती. पण १७९८ मध्यें प्राध्यापक खाल्डनी यांच्या सूचनेवरून ब्रँडिस व बेंझेनबर्ग या दोन जर्मन विद्यार्थ्यांनीं वेध घेतले तेव्हां असें आढळलें कीं, एकच उल्का कांहीं मैल अंतरावरील दोन ठिकाणाहून पाहिली असतां आकाशांत ती वेगवेगळ्या ठिकाणीं दिसते. अशा रीतीनें केवळ साध्या निरीक्षणानें दोन्ही ठिकाणीं ती कसकशी दिसत गेली याचा मार्ग नकाशावर आखला, तर उल्का प्रथम किती उंचीवर दिसल्या व किती उंचीवर त्या नाहींशा झाल्या हें त्रिकोणमितीच्या साहाय्यानें सहज काढतां येतें. अत्यंत सोपी व संवयीनें विश्वासार्ह असल्या-मुळें ही पद्धति अजूनही रूढ आहे.

वरील जर्मन विद्यार्थ्यांनीं शास्त्रीयरीत्या असें सिद्ध केलें कीं, उल्का जरी जवळ आल्याशा भासतात तरी त्या पृथ्वीच्या फार जवळ कधींच येत नाहींत. त्या किती उंचीवर दिसतात हें त्यांच्या तेजावर अगर प्रतीवर फारसें अवलंबून नाहीं. सर्व साधारण पृथ्वीपासून ४० ते १०० मैलांपर्यं-तच्या वातावरणांत त्या दिसतात. क्वचित् शंभर मैलांवरही दिसतात. अग्नि-गोळ म्हणून जे सांगितले तेंच काय ते पृथ्वीपासून सुमारें ३५ मैलांच्या

उंचीच्या आंत आलेले दिसतात. उल्कावर्षाव होतो तेव्हां मात्र त्या नेहमी-पेक्षां अधिक उंचीवर दिसूं लागतात व उंचावरच नाहींशा होतात. त्याची सरासरी उंची व गति यांचा मात्र निकटचा संबंध आहे. जितकी गति जास्त तितकी सरासरी उंची जास्त असते.

उल्कांची गति—उल्कांची गतीही निरनिराळी असते. अनंत अवकाशांतून एखादी उल्का सूर्याच्या रोखानें येऊं लागली तर ती सूर्याच्या आकर्षणामुळें पृथ्वीच्या जवळपास येईपर्यंत तिला सेकंदाला २६ मैलांचा वेग आलेला असतो. पृथ्वी ही आपल्या अक्षाभोंवतीं जशी पश्चिमेकडून पूर्वेकडे गिरक्या घेत असते तशीच तिची सूर्याभोंवतीं परिभ्रमण करण्याची दिशादेखील पश्चिमेकडून पूर्वेकडे अशीच आहे. हा परिभ्रमण करण्याचा वेग सेकंदाला १८$\frac{१}{२}$ मैल आहे. त्यामुळें ज्या उल्का पूर्वरात्रीं पडतात, त्या पृथ्वीच्या पाठीमागून येत असल्यामुळें त्यांची पृथ्वीची सापेक्ष गति २६–१८$\frac{१}{२}$ = ७$\frac{१}{२}$ मैल दर सेकंदास मंद अशी असेल. उलटपक्षीं उत्तर रात्रीं पडणाऱ्या उल्का पृथ्वीच्या उलट दिशेनें येत असल्यानें ही सापेक्ष गति २६+१८$\frac{१}{२}$=४४$\frac{१}{२}$ मैल दर सेकंदास, शीघ्र अशी असेल. पृथ्वीच्या आकर्षणामुळें या दोनही वर्गांत अर्थात् भर पडेलच. साधारण मानानें उत्तररात्रीं उल्का संख्येनें आणि वेगानें जास्त पडतात व त्यांचें तेजही अधिक असतें. एकंदरींत असें म्हणतां येईल कीं, उल्कांचा वेग सेकंदाला ७–८ मैलापेक्षां कमी नसतो व साठ ते सत्तर मैलांहून अधिक नसतो.

उल्कांची गति मोजण्यासाठीं वातावरणांतील यांच्या एकंदर मार्गाची लांबी व ती व्यापण्याला लागणारा काल माहित व्हावा लागतो. यासाठीं पूर्वी लिहिल्याप्रमाणें दोन ठिकाणांहून निरीक्षण करणें जरूर असतें. काल-मापनासाठीं एक सोपी युक्ति योजतात. एका वैजिक चलित्राच्या आंसावर काटकोनापेक्षां थोडा कमी कोन असलेला एक सपाट आरसा बसवून तो

जलद गतीनें फिरविला जातो. या आरशांतील आकाशप्रतिबिंबाकडे दुर्बिणीनें पाहिलें असतां तारे वर्तुळाकार फिरतांना दिसतात, पण उल्का मात्र वळसे घेत जात आहेत असें दिसतें. जितकी उल्कांची गति कमी तितके वळसे जवळ जवळ बसतात. दोन वळशांमधील काल हा आरशाच्या परिवलन कालाइतका असतो. या रीतीनें उल्केच्या मार्गाचे समकाल तुकडे पाडतात व एकंदर तेजोरेषा किती वळशांची आहे हें मोजलं म्हणजे एकंदर काल काढतां येतो.

ज्या उल्का बऱ्याचशा तेजस्वी असतात त्यांचे निकाशकोटरांच्या साह्यानें दोन ठिकाणांहून प्रकाश-लेख घेतात. या तऱ्हेच्या साधनाला 'अशनि वेगमापक' असें नांव असून तें हारवर्डच्या व्हिपल नांवाच्या शास्त्रज्ञानें तयार केलें आहे. या मापकांत कॅमेऱ्याच्या समोर एक पंखा जलद गतीनें फिरविला जातो. यामुळें नियमित व ठराविक कालानें कॅमेरा तात्पुरता बंद केला जातो, व उल्केची तेजोरेषा तुटक येते. यावरून उल्कांची उंची, मार्ग व गति अधिक बरोबर काढतां येतात. मात्र या उल्का साधारणपणें मंगळापेक्षांही जास्त तेजस्वी असाव्या लागतात. या उल्कांतल्या कांहीं उल्का सूर्यकुलाबाहेरून आल्या असल्याचें आढळलें आहे. साधारणपणें असें म्हणतां येतें कीं ज्यांचा वेग सेकंदास ४२·१ किलोमीटरपेक्षां कमी असेल त्या सूर्यकुलांतील असतात. यापेक्षां अधिक वेगाच्या उल्का सूर्यकुलाबाहेरून आल्या असल्या पाहिजेत. ओपिकच्या निरीक्षणाप्रमाणें असें दिसतें कीं शेंकडा सहासष्ट उल्का सूर्यकुलाबाहेरून येतात

उल्कांचें काय होतें :—एकादा पदार्थ वेगानें धांवत असला म्हणजे केवळ त्याच्या या वेगामुळें उत्पन्न झालेली शक्ति तीस वेगीयशक्ति म्हणतात. अशनिसारखा एखादा पदार्थ जेव्हां वेगानें पृथ्वीच्या वातावरणांत घुसतो तेव्हां वातावरणाच्या प्रतिरोधामुळें किती ओषक उष्णता निर्माण होईल हें

समजूं शकतें. सर्वसाधारण उल्कांचें वस्तुमान १ ग्रॅम मानलें व सूर्यकुला-बाहेरून त्या आल्या आहेत असें गृहीत धरलें तर त्यामुळें निर्माण होणारी उष्णता सुमारें २ लक्ष ओषक भरेल. पृथ्वीवरच्या चांगल्यातल्या चांगल्या कोळशातून प्रत्येक ग्रॅमगणिक सुमारें ८००० ओषक उष्णता मिळतें. हें ध्यानात घेतलें म्हणजे पृथ्वी सन्मुख टाकलेला अशनि किती शक्तिमान असतो याची कल्पना येईल. असा अशनि ०° के. तपमान असणाऱ्या अवकाशांतून येऊं लागला म्हणजे हें तपमान थोडेसें वाढतें; पण तो पृथ्वीच्या वातावरणांत घुसूं लागला म्हणजे उत्तरोत्तर त्याच्या शिरोभागा-कडील हवा दबूं लागते, तिचा विरोध वाढतो आणि मग लोखंड वितळ-ण्यासाठीं ऑक्सी ॲसेटिलीनची ज्योत वापरावी तितकी प्रखर उष्णतेची हवा त्याच्या शिरोभागावरून चहूंबाजूंनीं त्याच्या अंगावरून धावूं लागते. याचा परिणाम असा होतो कीं, एकादी तापलेली सुरी लोण्याला चिटकविली म्हणजे जसें तें भळभळा वितळूं लागतें, तद्वतच हा अशनि वितळूं लागतो व नंतर बाष्पमय बनून जातो. कधीं कधीं त्याचें वस्तुमान भरपूर असतें तेव्हां पुरता वितळण्यापूर्वी तो पृथ्वीतलावर येऊन आदळतो. त्यावेळीं त्याच्या अंगावर तप्तरसाचीं कित्येक पुटें चढून बसलेलीं असतात. अशनीचा तुकडा वातावरणांतून पृथ्वीकडे येऊं लागला म्हणजेच उल्का दिसूं लागते. तत्पूर्वी दिसत नाहीं. त्या अर्थी पृथ्वीचें वातावरण व उल्केचें प्रकाशमत्व यांचा कांहीं तरी संबंध असावा व तो तसा शोधूनही काढलेला आहे.

• तेजस्वी उल्कांचा मार्ग कांहीं सेकंदभरच स्वयंप्रकाशित दिसतो. कांहीं विशेष तेजस्वी उल्कांचा मार्ग मात्र धूम्रमय व धुलिमय ढगासारखा अर्धा तासपर्यंत दिसत राहतो. विशेषतः संधिप्रकाशाच्यावेळीं वातावरणाच्या वरच्या थरांवर सूर्यप्रकाश पडत असतो, त्यावेळीं हा उल्कांचा धूम्रमय मार्ग अगदीं स्पष्टपणें पाहतां येतो. हा मार्ग अगदीं दोनतीन सेकंदांत अत्यंत

वेगानें प्रसरण पावून अर्धा मैल व्यासाचा, पोकळ नळासारखा होतो व अपाट्यानें वांकडा तिकडा होतो. यावरून वातावरणांत इतक्या उंचीवरसुद्धां वादळी वारे तांशी शंभर मैलांच्या सुद्धां वेगानें वाहणारे असतात असें दिसतें. शिवाय चंद्राच्या आकर्षणामुळें आपल्या वातावरणांतही भरती ओहोटी होते. त्यामुळें उल्कांच्या उंचीवर परिणाम घडून त्या उंचींतही फरक पडलेला दिसून येतो.

वस्तुमान व रूप :— उल्कारूपानें पृथ्वीकडे येणाऱ्या लहान अशनि-खंडाचे वस्तुमान किती असावें याचा कांहींसा अंदाज बांधतां येतो. ठराविक इयत्तेचा प्रकाश देईल अशा बेतानें एखादी मेणबत्ती बराबर जळत राहील अशी व्यवस्था केली, तर तिला जळायला किती वेळ लागेल हें पाहून जसें मेणबत्तींत किती मेण असेल याचा अंदाज करतां येईल तद्वतच विवाक्षित तेजस्वितेच्या प्रकाशांत किती तेज असेल त्याची अशनीच्या तेजस्वितेशीं तुलना करून त्यावरून वस्तुमान काढतां येतें. असें आढळलें आहे कीं सर्व साधारण उल्केमध्यें कांहीं थोडे ग्रॅम व बरेच वेळा एका ग्रॅमहूनही कमी इतके वस्तुमान आढळलें आहे. आकार वाळूच्या कणापासून सागरगोट्याएवढा असतो व तें वस्तुमान वरच्यावर जळून जातें. क्वचित् प्रसंगीं ती पृथ्वीवर येऊन आदळते व त्यांतील द्रव्य पृथ्वीच्या बाहेरून आलेलें असल्यामुळें त्यांच्या अभ्यासाला फार महत्त्व आहे.

उल्कांचे वर्णलेख दोन प्रकारचे असतात. एका प्रकारांत चुन्याचें प्राधान्य व दुसऱ्यांत लोखंडाचें. वर्षावांतील उल्कांमध्यें चुन्याचें प्रमाण जास्त असतें व त्या बहुधा शैल किंवा दगडाच्या असाव्यात असें अनुमान आहे. पृथ्वीवर जीं मौलें विपुल आहेत त्यांतील सरासरी एक तृतीयांश मौलें उल्कांमध्येंही असल्याचें वर्णलेखांवरून दिसतें. उर्वातु (आक्सिजन) शैकातु (एषिलीकॉन) चकासातु (अल्युमिनिअम) लोखंड, भ्राजातु

(मॅग्नेशिअम), खटातु (कॅलशिअम) व सामुदातु (सोडिअम) हीं द्रव्यें पाषाणमय उल्कांत असतात. धातुमय उल्कात लोखंड, रूप्यातु (निकेल) व कोबातु (कोबाल्ट) मुख्यत्वेंकरून सापडतात.

अशनीमध्यें लोखंड मुख्यत्वेंकरून असून निकेल व कोबाल्ट थोड्या प्रमाणांत आढळतें. इजिप्शिअन, असीरियन, व सुमेरिअन भाषांमध्यें लोखंडाला ' स्वर्गांतून पडलेला धातु ' अशा अर्थाचें नांव आहे. खाणींतून धातु खणून काढण्याची कल्पना निघण्यापूर्वी मानवानें पृष्ठभागावर सांपडणारें अशनिरूप लोह वापरलें असलें पाहिजे.

अलीकडे अशनि गोळा करून पदार्थसंग्रहालयांत अभ्यासासाठीं व पाहण्यासाठीं ठेविले जातात. पडलेल्या अशनीमध्यें लोहमयच जास्त आहेत. पडतांना जे दिसतात त्यामध्यें पाषाणमय जास्त असतात. दाट वस्तीच्या देशांत जुने पडलेले अशनि क्वचित् सांपडतात. आस्ट्रेलियासारख्या विरळ वस्तीच्या देशांत अशनि सांपडण्याचा संभव जास्त असतो.

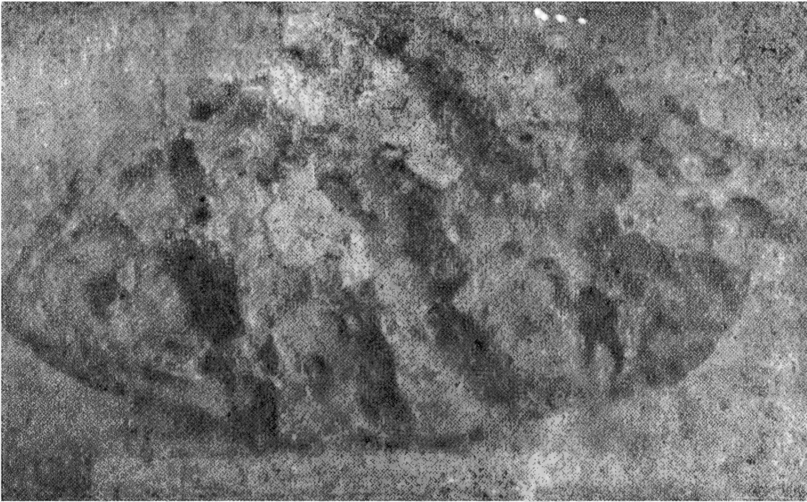
पृथ्वीवरील खनिज पदार्थांत रुप्यातु (निकेल) ज्या प्रमाणांत लोखंडाशीं मिसळलेलें सांपडतें त्यापेक्षां अशनिमध्यें जास्त प्रमाणात असतें; यावरून अशनि ओळखतां येतात. शिवाय धातुमय अशनि दिसायलाही निराळे दिसतात. तसे पाषाणमय इतर दगडाप्रमाणें असल्यामुळें त्यांतील फरक चटकन् दिसून येत नाहीं. सूक्ष्मदर्शकांतून पाहिलें तर कधीं कधीं विशिष्ट प्रकारच्या त्यावर आकृति दिसतात. पृथ्वीवरील कोणत्याहि द्रव्यावर तशा त्या दिसत नाहींत. यावरूनही अशनि ओळखतां येतात. कांहांमध्यें निरनिराळ्या संयुक्तांचे लहान मोठे स्फटिक बनलेले आढळतात. यावरून हे अशनि सावकाश थंड झालेले असावेत असें अनुमान निघतें.

बुन्डू या अन्वेषकानें अशनीमध्यें आढळणाऱ्या मौलांचा अभ्यास करून कांहीं निष्कर्ष काढला आहे. पृथ्वीवरील ९२ मौलांपैकीं फक्त ६७ च

काय ती मोजतां येण्याजोग्याप्रमाणांत सांपडलीं आहेत. इतरांनीं केवळ आपली हजेरीच काय ती लावलेली आहे. अस्टॅटिन (८५), फ्रान्शिअम् (८७) हीं मौलें फारच विरळा असून लीनातु क्रिप्टॉन, कोस्थ झेना अनामिक (६१) हीं मुळींच आढळलीं नाहींत. केवळ वर्णदिशांतून प्रतीतीला आलेलीं आहेत. लिओनार्डच्या मतें पृथ्वीवर आढळणारीं खनिजें किंवा रसायन संयुगें अशनींत आढळलीं आहेत. पृथ्वीवरील इतर पदार्थांपासून अशनींना ओळखून काढण्याला रासायनिक परीक्षेचा इटकून उपयोग होतो असा अनुभव आहे.

अशनींचा प्रचंडपणा—कांहीं अशनि इतके प्रचंड असतात कीं, त्यांच्यामुळें पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर ज्वालामुखीच्या तोंडासारखे मोठाले खड्डे पडतात. अमेरिकेंतील अरिझोना येथील खड्डा सर्वांत मोठा असून आज हजारों वर्षांनंतरही तो पुष्कळच मोठा व खोल वाटतो. त्याचा व्यास मुखाशीं सुमारें पाऊण मैलाचा असून भोंवतालच्या सपाटीपेक्षां तो सुमारें ४५० फूट खोल आहे व त्याचा भोंवतालचा कांठ देखील सपाटीच्या वर सुमारें १५० फूट उंच चढलेला आहे, म्हणजेच एक नैसर्गिक तटबंदी निर्माण केल्यागतच झालें आहे. त्याच्या कांठावरील वृक्ष निदान ७०० वर्षांचे तरी जुने आहेत. त्याची रचना ज्वालामुखीमुळें झाल्यासारखी दिसत नाहीं व शिवाय त्याच्या भोंवतालच्या ५ मैल त्रिज्येच्या क्षेत्रांतून सुमारें १० टन लोखंड गोळा केलें गेलें आहे व तें अजबखान्यांत ठेविलें आहे. अर्थात् हा खड्डा अशनिमुळेंच झाला असला पाहिजे हें निर्विवाद.

दुसरा असाच एक मोठा अशनि उत्तर सैबेरियाच्या निर्जन, दलदलीच्या क्षेत्रांत अगदीं अलीकडे म्हणजे ३० जून १९०८ ला पडला होता; पण त्याची माहिती रशियन परिस्थितीमुळें आणि पहिल्या जागतिक युद्धामुळें बराच काळपर्यंत कोणालाही मिळाली नव्हती. १९२७ सालीं



आकृति नं. २८

रशियन शास्त्रज्ञ कुलिक यानें मुद्दाम या विभागांत फिरून माहिती गोळा केली, तेव्हां असें समजलें कीं, हा अशनि पडला तेव्हां मोठा कडकडाट झाला आणि लगोलग जमिनीपासून धुराचे आणि आगीचे लोट उठले व ते चहूंवार पसरले. पसरलेल्या हवेच्या झोतांच्या दाबामुळें अनेक इमारती पडल्या. दहा मैल त्रिज्येतल्या क्षेत्रांत झाडें भाजून निघालीं व उन्मळून व मोडून पडलीं. जेथें हा अशनि पडला तेथील भाग दलदलीचा असल्यानें त्याचे फारसे अवशेष हातीं लागले नाहींत.

उल्कावर्षाव--सूर्यकुलांत इतस्ततः विखुरलेल्या द्रव्यांमुळें उल्का दिसतात हें सांगितलेंच आहे. पृथ्वीच्या मार्गावर अनेकशः एकाकी अशनि पसरलेले आहेत, तद्वतच त्यांचे दाट थवेही कित्येक ठिकाणीं आढळतात. यांतले एकएकटे लहान कण जसे पृथ्वीच्या आकर्षणानें खेंचले जातात, तद्वतच पृथ्वी जेव्हां या अशल्या थव्यांतून किंवा त्यांच्या जवळून जाऊं लागते, तेव्हांही खेंचले जाऊन त्यांची पृथ्वीवर वृष्टि होते.

पूर्वी अशी एक समजूत होती कीं, ग्रहाग्रहांमधला अवकाश म्हणजे केवळ निर्वात पोकळीच आहे. पण आतां असें आढळू लागलें आहे कीं, ग्रहाग्रहांच्याच काय पण ताऱ्याताऱ्यांच्या मधल्या अवकाशांत देखील वायूचे रेणु इतःस्ततः विरलपणें पसरले असून कित्येक ठिकाणीं घन पदार्थांचे कणही आढळले आहेत. वर्णपटावरून असें दिसत कीं, वायवी स्थितींत खटातु अणु आपल्या भोंवतालच्या अवकाशांत विपुल प्रमाणांत पसरले आहेत. इतरही, विशेषतः लोहाचे कण आहेत. साहजींकच पृथ्वी आपल्या कक्षेतून जात असतां त्यांतल्या कांहींची झेंप पृथ्वीच्या रोखानें पडते आणि मग ते आत्मनाश करून घेतात.

कधीं कधीं धूमकेतु सूर्याच्या रोखानें येतात व ते द्विधा, त्रेधा, किंवा सहस्रशः फुटून जातात. त्यांचा मार्ग जेव्हां पृथ्वीसारख्या ग्रहांच्या पातळीला छेदतो, तेव्हां तो ग्रह या पातळीवर छेदनबिंदूजवळ येतांच जवळपास विखुरलेल्या स्थितींतले जे धूमकेतूचे अवशेष असतात ते खेंचले जातात व वृष्टि होते. १८४६ सालीं बीएलाच्या नांवानें प्रसिद्ध असलेला धूमकेतु फुटला व तो पुनः दिसला नाहीं, पण त्यानंतर दरवर्षी पृथ्वी जेव्हां त्याच्या पातळीच्या छेदनबिंदूजवळून जाते तेव्हां म्हणजे नोव्हेंबर २५ च्या सुमारास उल्कावृष्टि घडून येत असते.

साधारणतः असें घडते कीं धुमकेतु फुटून त्याच्या विभागांचें सामर्थ्य कमी होतें व सूर्य आकर्षणाशीं मुकाबला करण्याचें त्यास जमत नाहीं. प्रकाशाच्या दाबामुळें हळुहळु त्यांतील रेणू आणि घनकण त्याच्या सर्व कक्षाभर पसरून राहतात. अशा विध्वस्त धूमकेतूच्या मार्गाच्या टापूजवळ जेव्हां गुरु, शनि किंवा नेपच्यून येतात तेव्हां कापसाच्या ढिगाऱ्यांतून पिंजाऱ्यानें कापूस उडवावा तसा ह्या उध्वस्त धूमकेतूच्या द्रव्याचा विस्तर होतो. यामुळें केव्हां केव्हां असेंही आढळतें कीं, कांहीं वर्षें लागोपाठ पृथ्वीवर

पडणारी वृष्टि पुढं बंद होते. आतापर्यंत नऊ उल्कावर्षाव व धूमकेतु यांचा संबंध असल्याचें निदर्शनास आलें आहे.

उल्कांचा वर्षाव होतो त्यावेळेस त्या आकाशाच्या एकाच बिंदूपासून



आकृति नं. २९

छत्रीच्या काड्यांप्रमाणें चोहोंबाजूस पडत आहेत असें दिसतें. हा आभास आहे. जसा एखादा लांब रस्ता पुढें पुढें अरुंद होतोसा भासतो, तसेंच हें

आहे. सर्व उल्का एकमेकांस समांतर पडत असतात, परंतु दूर अंतरामुळें एका बिंदूपासूनच पडत आहेत असा भास निर्माण होतो. या बिंदूला त्या उल्कावर्षावाचें उगमस्थान असें म्हणतात. ज्या राशीमध्यें हें स्थान असेल त्या राशीचें अगर नक्षत्र पुंजाचें नांव या वर्षावाला देण्याचा प्रघात आहे. सिंह राशीमध्यें उगमस्थान आहे त्या उल्कांना सिंहोल्का म्हणतात व याची वृष्टी नोव्हेंबर १४।१७ च्या सुमारास होते. १८६६ सालीं शियापरेली या इटालियन ज्योतिर्विदाच्या असें लक्ष्यांत आलें कीं, ययाति-पुंजातील उल्कांचा मार्ग व १८६२ चा तिसरा धूमकेतु याचा मार्ग हे सारखेच आहेत. या उल्कांची वृष्टि सौम्य प्रमाणांत का होईना, दरवर्षी नियमितपणें ऑगस्ट ६ ते १३ पर्यंत घडते. या खेरीज ऑक्टोबर १९ ते २३ मुख्यत्वें उत्तर रात्रीं मृग नक्षत्राकडून, डिसेंबर १० ते १३ पर्यंत सर्व रात्रभर पुनर्वसुकडून, एप्रिल २० च्या रात्रभर लायरा (वीणा) पुंजांतून आणि मे २ ते ६ पहाटेस कुंभ राशींतून अशा ठळक ठळक वृष्टि होत असतात.

उत्पत्तिकाल मर्यादा :— पडणाऱ्या अशनींच्या अभ्यासावरून शास्त्रज्ञांनीं असें अनुमान काढलें आहे कीं धूमकेतूंतून उद्‌भूत होणाऱ्या द्रव्याशिवाय पूर्वकालीं ग्रहोपग्रहाचे तुकडे होऊन ते इतस्ततः पसरल्यामुळें ते उत्पन्न झाले आहेत. निरनिराळ्या प्रकारच्या खडकाच्या पोटांत रेडियम आणि शिसें सांपडतें, त्यावरून त्या खडकांचें आयुष्य ठरवितां येतें; अशनींच्या बाबतींत असा प्रयत्न केला तेव्हां डॉ. उरी याना असें आढळलें कीं, सुमारें ३ अब्ज वर्षांइतके जुने अशनि सांपडले आहेत. पृथ्वीचें वय सुमारें इतकेंच असल्यानें कदाचित् पृथ्वीच्या जन्माबरोबरच अशनींचीं द्रव्येंही अंतराळांत उडालीं असण्याचा संभव आहे. १९४५ सालीं ६ लोह अशनींचा अभ्यास केला. त्यावरून असें आढळलें कीं हे अशनि ६ कोटीपासून ७ अब्ज वर्षांइतक्या दीर्घकाळांतले केव्हांचें तरी असावेत. म्हणजे हा काल सूर्यकुलाचें जें वय म्हणून हल्लीं मानलें जातें त्याच्या जवळ जवळ दुपटीचा होतो.

धूमकेतु अथवा शेंडेनक्षत्र : १२

प्रास्ताविक; कांहीं ऐतिहासिक उल्लेख—अगदीं अचानकपणें आपल्यापुढें दत्त म्हणून येऊन उभें राहाणाऱ्या आणि तितक्याच झपाट्यानें माघारा निघून जाणाऱ्या विक्षिप्तरावाला आपण नेहमीं धूमकेतूची उपमा देतों. अशा पाहुण्याच्या कांहीं विशेष आवडीनिवडी असल्या म्हणजे त्यांच्या आगमनामुळें गृहिणींच्या कपाळावर चार दोन रास्त आंठ्या चढ-तात, तरीसुद्धां गृहस्थधर्माप्रमाणें आपल्याला त्याची बडदास्त ठेवावीच लागते. मग तो निघून गेल्यावर थोडावेळ तो आपल्या चर्चेचा विषय बनून राहील हा भाग निराळा.

धूमकेतु किंवा शेंडेनक्षत्र हें आपल्या चित्रशिखित्वामुळें, म्हणजे शेंडीच्या मजेदार स्वरूपामुळें, आज शेंकडों वर्षें जगांतल्या बहुतेक सर्व देशांतून भीतिगर्भ कुतूहलाचा विषय बनून राहिलें आहे. वैदिक वाङ्मयांत, रामायण महाभारतादि इतिहास ग्रंथांत, आणि पुराणांतच केवळ धूमकेतूंचे उल्लेख आलेले आहेत असें नव्हे. जुन्या भारतीय कल्पनांप्रमाणें धूमकेतूचे कांहीं प्रकार आणि त्यांच्या जन्मकथा याविषयींचे कांहीं उल्लेख सुप्रसिद्ध ज्योतिर्वेत्ते शं. बा. दीक्षित यांच्या ‘ भारतीय ज्योतिषशास्त्राचा इतिहास ’ आणि ‘ज्योतिर्विलास’ या ग्रंथांत आलेले आहेत. खाल्डीयन, ग्रीक, ईजिप्शि-यन्, रोमन इत्यादिकांच्या अनेक ग्रंथांतून धूमकेतूंचे उल्लेख आहेत. खाल्डियनांची आणि पायथेगोरियन मतप्रणालीच्या कांहीं ग्रीक विचार-वंतांची अशी समजुत होती कीं धूमकेतु हे सूर्यकुलाचेच सभासद आहेत. ॲरिस्टॉटलच्या मतें धूमकेतु हे पृथ्वीपासून निसटून गेलेले, आणि वरच्या वातावरणांत तेवत राहिलेले तप्त वायु असावेत. दोनतीन हजार वर्षां-पूर्वीच्या माणसाला चटकन् समजण्याजोगी एक कल्पना फार प्राचीन कालीं

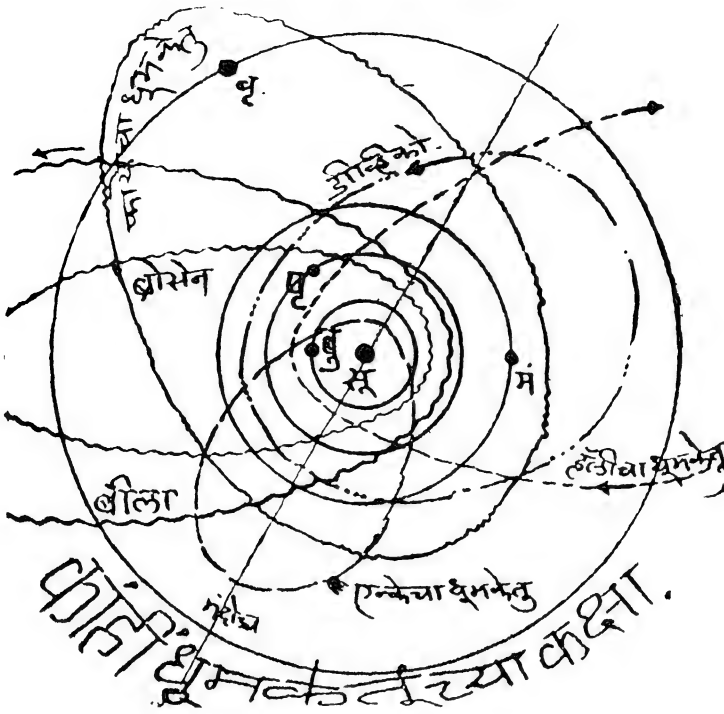
प्रचलित होती; ती अशी कीं लाकडावर लांकूड घासावें म्हणजे ठिणग्या उडतात त्याप्रमाणें ग्रहांग्रहांच्या संघर्षातून,—युतींतून—किंवा ग्रहांताऱ्यांच्या संयोगांतून—विधानांतून—धूमकेतु जन्माला येत असावेत. आणि बहुधा, माणसाला आगामी संकटांची सूचना देण्यासाठींच त्यांना परमेश्वर जन्माला घालीत असावा. कशाही प्रकारचा आणि केवढाही लहान मोठा धूमकेतु असो, त्याच्यामुळें पृथ्वीवर उत्पात होतील, युद्धें जुंपतील, राज्यक्रांत्या होतील, दुष्काळ पडेल, रोगराई फैलावेल, अशा तऱ्हेच्या विचित्र कल्पना पूर्वीही होत्या, आणि अद्यापही त्या थोडेंफार मूळ धरून आहेतच.

थोरामोठ्या लोकांचे आत्मे जेव्हां पृथ्वीवरील आपलें कार्य संपवून परलोकीं प्रयाण करितात तेव्हां आपल्या तेजस्वीपणाची शेवटची चुणुक ते आकाशांतून धूमकेतूच्या रूपानें जातांना दाखवितात अशी रोमन लोकांची समजूत होती. खि. पू. ४३ या वर्षी ज्यूलियस सीझरच्या मृत्यूच्या पूर्वी आलेला धूमकेतु म्हणजे सीझरला आलेलें मृत्यूचें बोलावणेंच होतें असें ते म्हणत. धूमकेतूच्या रूपानें मिळालेली पूर्वसूचना ही कोणाला अनिष्ट आहे हें ज्याचें त्यानेंच ठरवावयाचें असल्यामुळें १८११ सालीं रशियावर चढाई करून जात असतांना नेपोलियन बोनापार्टला एक भला मोठा धूमकेतु दिसला होता तो त्यानें आपल्या शत्रूंना तापदायक आणि स्वतःला शुभ-चक मानिला होता. प्रत्यक्ष घडलें तें मात्र अगदीं उलट. १८७२ सालीं बिएलाचा धूमकेतु इतर देशांतून दिसूं लागला, आपल्यालाही तो आतां दिसणार असें समजतांच अमेरिकेतील जॉर्जिया परगण्यांतील एका गांवीं प्रार्थनालयांतून सामुदायिक प्रार्थना करण्यांत आली. सायंकाळ असूनहि लोकांना भयंकर उकाडा भासूं लागला. अरिष्टांच्या बातम्या ऐकण्यासाठीं स्थानिक वर्तमानपत्रांच्या कचेऱ्यांभोंवतीं लोकांचा गराडा पडला. आपण झोंपलों आणि तीच वैऱ्याची रात्र ठरली असें घडूं नये, म्हणून गांवक-

घ्यांनीं जागता पहारा ठेवला. त्यानंतर यथाक्रम धूमकेतु आला, आणि गेलाही. पण कांहीं तरी घडणार या भीतीचें वातावरण मात्र बरेच दिवस कायम होतें.

प्राथमिक ओळख :—एवंगुणविशिष्ट धूमकेतु हे प्रत्यक्ष आकाशांत कसे दिसतात हें पहावयाचे झाल्यास आपल्या हातीं एखादी बऱ्यापैकी दुर्बिण हवी. दुर्बिणीच्या अभावीं साध्या डोळ्यांनीं पहावयाचें म्हटल्यास सबंध ह्यातींत फारतर आठदहा धूमकेतूच दृष्टीच्या आटोक्यांत येण्याचा संभव असतो, आणि त्यांतले देखील जेमतेम दोन तीन धूमकेतूच असे संभवतात कीं, ज्यांच्या आकारामुळें आणि तेजस्वितेमुळें त्यांची आठवण जन्मभर रहावी. धूमकेतु आणि उल्का यांचे अन्योन्य संबंध असल्याचें कधींकधीं आढळतें, म्हणून ज्योतिर्विषयक ग्रंथांतून त्यांचा विचार एकत्रित करण्याचा प्रघात आहे. उल्का हा केवळ क्षणिक, दृष्टि ठरते न ठरते इतक्यांत नाहींसा होणारा, केवळ पृथ्वीच्या वातावरणांतच निर्माण होणारा तेजाचा आविष्कार आहे. धूमकेतु हा दूर अंतराळांत असतो; तो बराच संथपणें तेवत रहातो. त्याला गति असते, पण ती चारदोन तासांत किंवा दिवसा-आठवड्यांतही क्वचित् प्रसंगीं उमगत नाहीं. दुर्बिणींतून पाहिल्यास दर वर्षी अनेक धूमकेतु दिसूं शकतात. मात्र आकाशाच्या निरनिराळ्या भागांकडे दुर्बिण रोखल्यास तिच्या टापूंत येणाऱ्या ताऱ्यांची नीट ओळख आधीच झालेली असणें आवश्यक आहे.

अशी दुर्बिण आकाशाच्या एखाद्या टापूंकडे रोखली, आणि काल दिसत नव्हता अशा ठिकाणीं आज एखादा तारा दिसूं लागला आहे अशी शंका आली कीं, मग मात्र त्याचा आकार चांगला सुस्पष्ट, रेखीव आहे, कीं तो पुसट, थबकट, कापसाच्या बोंडासारखा, आहे याची खात्री करून घ्यावी. तो पुसट, थबकट असेल आणि चारदोन तासांच्या अवधींत त्याचा



आकृति नं. ३०

आकार थोडाथोडा वाढत असलेला दिसेल तर तो धूमकेतूच आहे असें मानावयास हरकत नाहीं. तो दूर अंतरावर असतो तोंपर्यंत त्याचा फक्त कापसाळ, ढगाळ, भागच काय तो दिसतो. जसजसा तो सूर्याच्या आणि पृथ्वीच्या रोखानें अधिकाधिक जवळ येऊं लागतो तसतसें या कापसाळ गांठीच्या आंतल्या अंगाला एक स्पष्ट, ठसठशीत, तेजस्वी केन्द्र असल्याचें आढळतें. तो आणखी जवळ येईल तसतशीं त्याच्या डोक्यांतून निघून मागें, दूरवरपर्यंत अंतराळांत पसरलेली पांढरीशुभ्र आणि लांबसडक एक शेंडी आढळते.

धूमकेतूंचें नामकरण—एका धूमकेतूपासून दुसरा धूमकेतु ओळखतां यावा म्हणून त्यांना नांवें देण्याचा प्रघात आहे. हीं नांवें चार प्रकारांनीं दिलीं जातात:—

(१) ज्यानें प्रथम पाहिला त्याचें नांव. उदाहरणार्थ, बिएलाचा धूमकेतु, टेंपलचा धूमकेतु इ.

कधीं कधीं दोघातिघांनीं एकदमच पाहिला असल्यास किंवा एका खेपेला पाहिलेला धूमकेतु पुन्हा कांहीं वर्षांनीं येतो तेव्हां तो निराळ्या व्यक्तीनें प्रथम पाहिल्यास, तो दोघांतिघांच्याही नावानें ओळखला जातो. उदाहरणार्थ, पॉन्स-कॉगिया-विनेक-फोर्बस या धूमकेतूचा पर्यंयकाल २८ वर्षांचा असल्यामुळें, ४ निरनिराळ्या व्यक्तींना तो २८ वर्षांच्या अंतरानें पाहिला म्हणून तो त्यांच्या संयुक्त नांवानें ओळखला जातो. हा धूमकेतु १९५६ सालीं दिसावयाचा आहे.

(२) गणिताच्या साहाय्यानें ज्यानें धूमकेतुची कक्षा प्रथम निश्चित केली असेल त्याचें नाव. उदाहरणार्थ; हॅलेचा धूमकेतु, एंकेचा धूमकेतु इ.

(३) एखाद्या वर्षी ज्या अनुक्रमानें धूमकेतु दिसले असतील तें वर्ष आणि क्रमिक अक्षरें. उदा. १८८२ a. १८८९ f. इत्यादि.

(४) ज्या वर्षी धूमकेतु दिसला असेल तें वर्ष, आणि त्यावर्षी तो ज्या अनुक्रमानें उपसूर्यबिंदूजवळ आला असेल तन्निदर्शक रोमन अंक. उदाहरणार्थ १८८२ I, १८८९ III.

वरील प्रकारांपैकीं ३ ऱ्या आणि ४ थ्या प्रकाराकडे थोडें बारकाईनें पाहिल्यास ध्यानांत येईल कीं एखाद्या वर्षी ज्या अनुक्रमानें धूमकेतु दिसले असतील त्याच अनुक्रमानें ते उपसूर्य बिंदूजवळ येतील असें नाहीं. म्हणून अर्थातच १८८२$_a$ आणि १८८२$_I$ हे भिन्न असूं शकतील. यांतला ४ था प्रकारच अधिक शास्त्रशुद्ध असल्यामुळें त्याचाच विशेष उपयोग करणें इष्ट आहे.

धूमकेतूंचीं अंगें:—अशा रीतीनें धूमकेतूंचा लौकिक नामकरण विधि उरकल्यानें तो पुनः पुन्हा आकाशांत उगवतो तेव्हां चटकन ओळखतां

येतो अशांतला प्रकार मुळींच नाहीं. ही ओळख पटण्यासाठीं धूमकेतूंचीं अंगप्रत्यंगें तपासून त्यांच्या खाणाखुणा पटवाव्या लागतात. या दृष्टीनें धूमकेतूंचीं अंगें दोन प्रकारचीं मानिलीं आहेत. (अ) **शारीरिक अंगें** आणि (आ) **गणिती अंगें**.

(अ) **शारीरिक अंगें**—शारीरिक दृष्टया धूमकेतूला मुख्यत्वें चार अवयव असतात. (१) शिरोभाग (२) केन्द्र (३) शेंडी, आणि (४) उद्रेकी शृंगें किंवा वलयें.

(१) **शिरोभाग**—(कॉमा) : हा साधारणत कॆसाळ, किंचित् तेजस्वी, पारदर्शक (विरल) वस्तुमानानें व्यापलेला असून आकारानें बहुधा गोलाकृति किंवा लंबगोलाकृतिहि असतो. प्रत्येक धूमकेतूला शिरोभाग अवश्यमेव असतोच. साधारणतः त्याचा व्यास ३० हजार ते $१\frac{१}{२}$ लक्ष मैल असतो; म्हणजे पृथ्वीच्या चौपटीपासून वीसपट असतो. या पेक्षां लहान मोठा शिरोव्यास असलेले धूमकेतूही आढळले आहेत—तथापि साधारणतः १० हजार मैलांपेक्षां कमी शिरोव्यास असणारे धुमकेतु बहुधा आपल्या दृष्टींतून निसटूं शकतील असें अनुमान आहे. १८११ सालीं मोठा धूमकेतु दिसला होता. त्याचा शिरोव्यास १० लक्ष मैलाचा होता, आणि १८९२ मधला **होल्मस्**चा धूमकेतु वाढतां वाढतां त्याचा शिरोव्यास १४ लक्ष मैलांएवढा होता; म्हणजे तो सूर्याच्या सुमारें $१\frac{३}{४}$ पट मोठा होता !



आकृति नं. ३१

सूर्यापासून धूमकेतु फार दूर असतो. तेव्हां त्याचा हा कापसाळ शिरोभाग लहान असतो. जवळ येतो तसतसा तो वाढतो. उपसूर्यबिंदूजवळ तो थोडासा आकसतो, माघारा जातांना थोडावेळ वाढत जातो, आणि मग लहान होत होत सबंध धूमकेतूच दृष्टीच्या टप्प्याबाहेर निघून जातो.

(२) **केन्द्र**– शिरोभागाच्या आत, साधारणतः मध्यावर, चकाकित ताऱ्यासारखा, एक बिंदुप्राय भाग असतो तें त्याचें केन्द्र.

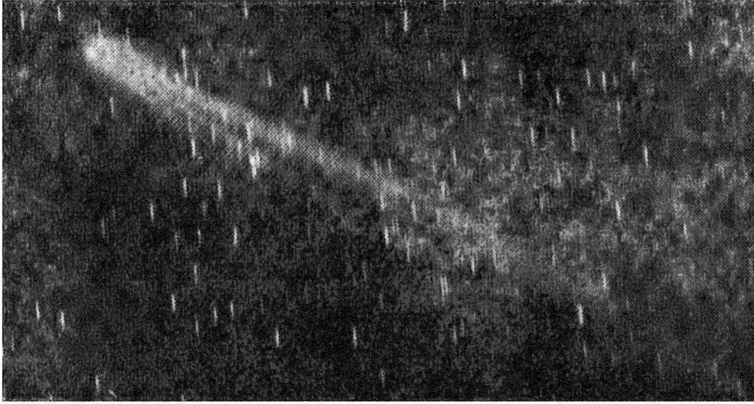
बहुतेक धूमकेतूंना हें केन्द्र असतें. अशा प्रसंगीं धूमकेतूचा आकाशांतील स्थलनिर्देश करतांना, म्हणजे त्याची होरा आणि क्रान्ति, किंवा शर आणि भोग अशासारखीं निबंधनें सांगतांना, या केन्द्राला अनुलक्षूनच उल्लेख केलेला असतो, कित्येक धूमकेतूंत असें चटकन दाखवितां येण्याजोगें केन्द्र नसतें. त्या ऐवजीं अगदीं स्थूल, तेजस्वी, गाठाळ भाग असतो. वर उल्लेखिलेला होल्मसचा (१८९२ III) धूमकेतु प्रथम दिसला तेव्हां त्याचा शिरोव्यास ७ लक्ष मैलांचा होता आणि त्याच्या मध्यभागीं मंदप्रभ अशी एक अठळी होती, सुस्पष्टसें केन्द्र नव्हतें. एक महिन्यांत त्याचा शिरोभाग दुणावला आणि तो इतका हीनप्रभ झाला कीं तो दुर्बिणींतूनही दिसेनासा झाला, त्यानंतर आणखी एका महिन्यानें डोक्याचा व्यास फक्त ३० हजार मैल झाला तेव्हां त्यांतला केन्द्रबिंदु अत्यन्त तेजस्वी आणि रेखीव झाला. तेथून पुढें शीर्षविस्तार होत होत तो ३ लक्ष मैलांपर्यंत जाऊन हळूं हळूं हा धूमकेतु अंतर्धान पावला. दर सहा वर्षांनीं हा धूमकेतु दिसत असतो.



आकृति नं. ३२

कोणताही धूमकेतु सूर्याजवळ येऊं लागतो तसतसा त्याच्या केन्द्राचा आविष्कार अधिकाधिक स्पष्ट होतो. उपसूर्यबिंदूजवळ केन्द्राचा व्यास साधारणतः ५०० ते १००० मैलांचा असतो. कधीं कधीं तो ४-५ हजारहि असतो. सूर्यापासून दूर अंतरावरच्या धूमकेतूंतहि

क्वचित्प्रसंगीं चांगलें ठसठशीत केन्द्र आढळतें; तर केव्हां केव्हां एकाच शीर्षांत २-४ केन्द्रेंही आढळतात. त्यावेळीं बहुधा हा धूमकेतु फुटून त्याचे तुकडे तुकडे होण्याच्या बेतात असतात.



आकृति नं. ३३

३. शेंडी– हा धूमकेतूचा तिसरा महत्त्वाचा भाग. धूमकेतूच्या शिरोभागांतून निघून त्याच्या परिभ्रमण पातळींतच, पण पुष्कळ दूर अंतरापर्यंत पसरलेला, पांढराशुभ्र, केसाळ, फराटा असतो तीच त्याची शेंडी. साधारणतः धूमकेतूच्या डोक्याच्या ज्या भागाकडे सूर्य असतो त्याच्या विरुद्ध बाजूला हा शेंडीचा पसारा आढळतो. सूर्याच्या अनुरोधानें धूमकेतूचें स्थान, त्याचा वेग, आणि ज्या द्रव्याची शेंडी बनलेली असेल तीं द्रव्यें, यावरच साधारणतः हा शिखाविस्तार आणि त्याची दिशा अवलंबून असतात. डोक्याच्या ज्या भागापासून शेंडीला सुरुवात होते तेथें त्या उभयताच्या चकाकीत फारसा फरक नसतो. पण तेथून दुसऱ्या टोंकापर्यंत मात्र ही चकाकी उत्तरोत्तर कमी होत गेलेली दिसते. साधारणतः एका धूमकेतूला एकच शेंडी असा नियम असला तरी कित्येकांना अनेक शेंड्या आढळल्या आहेत.

१७४४ चा **चिसोचा** धूमकेतु प्रथम दिसला तेव्हा त्याला दोन शेंड्या होत्या. सुमारें आठवडयाच्या अवधींत त्यांची संख्या ५ झाली. त्यांचा मलिनबिंदु, म्हणजे धूमकेतूचा शिरोभाग, क्षितिजाखालीं होता, तरीसुद्धां शेंडयांचा विस्तार क्षितिजावर सुमारें २०° पर्यंत होता, आणि एकेका शेंडीची रुंदी ४° ची होती. १८११ चा धूमकेतु सुमारें १७ महिनेपर्यंत साध्या डोळ्यांनीं दिसत होता. त्याच्या शेंडीची लांबी सुमारें २५°, म्हणजे १० कोटी मैलांहून अधिक होती आणि रुंदी ६° म्हणजे सुमारें २ कोटी मैल होती. त्याच्या शीर्षाचा रंग निळसर हिरवा आणि केन्द्राचा रंग गुलाबी होता. त्याचा अपसूर्य बिंदु नेपच्यूनच्या १४ पट अंतरावर होता. त्याचा पर्ययकाळ—पुन्हां सूर्याजवळ येण्याचा काळ—बहुधा ३०६५ वर्षांचा असावा असें अनुमान आहे.

१८४३ चा धूमकेतु (पर्ययकाळ ५३० वर्षें) सूर्यापासून ५ लक्ष मैलांवर आला तेव्हां त्याची शेंडी ४०° लांब आणि १° रुंद होती. फेब्रुवारी महिन्याच्या अखेरीस त्यानें अवघ्या २४ तासांत झपाट्यानें २९२° तून गिरकी मारिली होती. १८२५ चा धूमकेतु पॉन्सच्या नांवानें प्रसिद्ध आहे. या धूमकेतूच्या डोक्यावर एक दाढी आणि ५ शेंडया होत्या. तो जेव्हां उपसूर्यबिंदूजवळून माघारा निघाला तेव्हां त्याच्या दाढीशेंडया गळून जाऊन तुळतुळीत शिरोभाग शिल्लक राहिला होता. १९०३ च्या बोरेली धूमकेतूला तर ९ शेंडया होत्या.

४. **फवारे किंवा तेजोवलयें**— केव्हा केव्हा धूमकेतूच्या केन्द्रांतून निघून, त्याच्या शिरोभागाचें कापसाळ वेष्टण फोडून, झगझगीत फवारे बाहेर पडतात. तर कधीं कधीं असेंही घडतें कीं एखाद्या कारंजाच्या तोंडातून पाण्याचे फवारे थांबून थांबून निघावेत त्याप्रमाणें धूमकेतूच्या केन्द्रातून मुसमुसून तेजोवलयें बाहेर पडतात आणि तीं दूरपर्यंत, चहूंवार, पसरत



आकृति नं. ३४

जाऊन अंतराळांत विलीन होतात. १८५८ सालीं दिसलेला डोनाटीच्या धूमकेतु हा एक चांगला, बांधेसूद, धूमकेतु म्हणून प्रसिद्ध आहे. त्याच्या शिरोभागातून एका पाठोपाठ एक अशी ५ तेजोवलयें निघून, तासीं ३० मैलाच्या वेगानें दूर जाऊन, तीं ६०० ते १८,००० मैलांवर अंतर्धान पावलेलीं पाहिलीं गेलीं होतीं.

(आ) गणिती अंगें:— एवंच, अनेक नवनव्या धूमकेतूमध्यें काहीं ना कांहींतरी शारीरिक विशेष आढळतात. तरीसुद्धां एकदां येऊन गेलेला धूमकेतु पुन्हां जेव्हां आकाशांत दिसूं लागतो, तेव्हां त्याची पूर्वीची चेहेरेपट्टी जशीच्या तशीच राहिलेली आढळत नाहीं. साहजिकच मग कोणताही धूमकेतु जेव्हा प्रथम दृष्टीस पडतो तेव्हां आलेला हा पाहुणा जुना, ओळखीचा आहे कीं, अगदींच नवा, आगंतुक, आहे हें ठरवितांना त्याच्या शारीरिक खाणाखुणांचा तितकासा उपयोग होत नाहीं. यासाठीं त्याची गणिती अंगें निश्चित करावीं लागतात.

आपली पृथ्वी जशी सूर्याभोंवतीं एका विवक्षित पातळींत परिभ्रमण करते—जिला आपण आयनिक वृत्त म्हणतों—तशीच प्रत्येक धूमकेतूची एकेक अलग अलग पातळी असते. हा त्या धूमकेतूचा परिभ्रमण मार्ग निश्चित करण्यासाठीं ४–८ दिवसाच्या अंतरानें घेतलेले त्या त्या धूमकेतूचे ३–४ तरी निश्चित वेध हातीं असावे लागतात. त्यांच्या साहाय्यानें त्या धूमकेतूचा मार्ग निश्चित करतांना एक गोष्ट ध्यानांत घ्यावी लागते ती ही

की, कोणत्याही खस्थ पदार्थाचे एकंदर पांच मार्ग संभवतात–(१) सरळ रेषा, (२) वृत्त, (३) विवृत्त, (४) अन्वस्त, (५) अपास्त.

दुसऱ्या कोणत्याही खस्थाच्या आकर्षणापासून अत्यंत दूर अंतरावर असणाऱ्या खस्थाचा मार्गच सरळ रेषेंत असण्याचा संभव असतो. धूमकेतु किंवा दुसरा कोणताही खस्थ पदार्थ थेट वृत्ताकृत्ति किंवा अन्वस्ताकृति मार्गानें भ्रमण करील हा संभवही फार थोडा असतो. राहतां राहिले विवृत्त किंवा अपास्ताकृति मार्ग. हेंच मार्ग साधारणपणें धूमकेतूचे संभाव्य मार्ग म्हणून मानतां येतात.

साधारणतः धूमकेतु आपल्या पाहण्यांत येतो त्यावेळीं तो सूर्याजवळ येऊन माघारा जाण्याच्या मार्गावर असतो; असा एखादा वस्तुराशि जेव्हां सूर्यादि गोलाच्या आकर्षणाच्या टापूंत येतो, तेव्हां त्याचा मार्ग, तत्त्वतः वरील ५ मार्गांपैकीं सरळ रेषेखेरीज इतर कोणताही असूं शकला तरी, गणिताच्या सोयीसाठीं तो प्रथम अन्वस्तच आहे असें मानून गणित केलें जातें. आणि त्यावरून येणारें धूमकेतूचें भावीस्थान ४–४, ८–८ दिवसांच्या अंतरानें पडताळून मग इष्ट वाटल्यास विवृत्ताकृति किंवा अपास्ताकृति मार्ग स्वीकारला जातो. या पद्धतीनें धूमकेतूच्या पातळीची विवृत्तता, तिच्या आयनिक वृत्ताशीं प्रक्षेप, पातबिंदु, उपसूर्य आणि अपसूर्य बिंदू, धूमकेतूचा वेग आणि त्याचा पर्ययकाळ ठरवितां आला म्हणजे त्या धूमकेतूचीं गणिती अंगें निश्चित झालीं असें म्हणतां येतें. कक्षेच्या बाबतींत थोडक्यांत असें म्हणतां येईल कीं, सूर्यापासून पृथ्वी जेवढ्या अंतरावर आहे तेवढ्या अंतरावर ज्या खस्थ पदार्थाचा वेग सेकंदाला सुमारें २६ मैलांचा येईल त्याची कक्षा अन्वस्ताकृति असते, त्याहून कमी असेल तर ती विवृत्ताकृति असते, आणि जास्त असेल तर अपास्ताकृति असते.

धूमकेतूच्या शारीरिक अंगापेक्षां त्याच्या गणिती अंगानीं त्याची ओळख

पटवणें अधिक सोपें असतें खरें, पण हीं गणितीं अंगें देखील नेहमींच डोळे मिटून स्वीकारावींत इतकीं अचूक नसतात. कारण तीं ठरवितांना प्रत्येक धूमकेतूवर केवळ सूर्याचेंच आकर्षण आहे, असें गणिताच्या सोयींसाठीं मानावें लागतें. प्रत्यक्ष मात्र सूर्यकुलांतल्या सर्व ग्रहोपग्रहांचें त्याच्यावर कमी अधिक आकर्षण असतें. त्यामुळें कोळयाच्या जाळ्यांत माशी सांपडावी त्याप्रमाणें सूर्यकुलाबाहेरचा एखादा वेगवान धूमकेतु देखील कधींकधीं या सूर्यकुलाच्या जाळयांत गुरफटतो, आणि मग लहान मुलें जशी फुलपांखराच्या पायाला दोरा बांधून त्याला ओढतात सोडतात, तशा धर्तीवर या धूमकेतूशीं एखाद्या ग्रहाचा आणि सूर्याचा जीवघेणा खेळ सुरू होतो.

धूमकेतूंचे प्रकार :—या गणिती माहितीच्या आधारानें पाहिल्यास धूमकेतूंचे एकंदर तीन वर्ग पडतात. (१) सांघिक (२) कौटुंबिक, आणि (३) एकांडे.

सांघिक :—एकाच मार्गावरून, पण थोड्याफार कालांतरानें एका मागोमाग एक जाणारे, बहुधा पूर्वीच्या एखाद्या धूमकेतूंतून फुटून बनलेले, सूर्याला भाळलेले, पण ग्रहांच्या संपर्कात न आलेले असे कांहीं धूमकेतु आहेत त्यांना सांघिक म्हणतात.

१८४३ I, १८८० I, १८८२ II, आणि १८८७ I हा धूमकेतूंचा संच या वर्गांतला आहे. पैकीं १८८० आणि १८८२ च्या धूमकेतूंची शेंडी ४०° वर लांब होती, उपसूर्यांतर फारच थोडें होतें, दिशा एकच होती. १८८२ II हा धूमकेतु पाहतां पाहतां चौभंगला होता आणि चारही तुकडे एकमेकांपासून दुरावले होते. त्यांचा पर्ययकाळ अनुक्रमें ६६४, ७६९, ८७५, आणि ९५९ वर्षांचा आहे. त्यांचा आगम आणि निर्गम जवळजवळ एकाच रेषेंत झाल्यागत दिसतो. बहुधा १६६८ सालीं दिसलेल्या धूमकेतूंतून फुटून हे निरनिराळे धूमकेतु बनले असावेत असें अनुमान आहे.

कौटुंबिक :— बहुधा सूर्यकुलाबाहेरून येऊन नंतर एखाद्या ग्रहाच्या आकर्षणामुळें खेंचले गेलेले, त्या ग्रहाच्या परिसरांत शिरलेले, सूर्याच्या कोणत्याही दिशेला कक्षा असली तरी सूर्याबरोबरच त्या ग्रहाशीं निष्ठा राखणारे कांहीं धूमकेतु आढळले आहेत. ते कौटुंबिक म्हणून ओळखले जातात. अशा धूमकेतूंचीं चार कुलें आहेत (१) गुरुकुल. (२) शनिकुल (३) युरेनसकुल (४) नेपच्यूनकुल.

(१) **गुरुकुल :—** यात सुमारें ३० धूमकेतू आहेत. त्याचा पर्ययकाळ ३ ते ८ वर्षांचा आहे. त्यांतला एंकेचा धूमकेतु प्रसिद्ध आहे. त्याचा पर्यय-काल अवघा ३·३ वर्षे आहे. (२) **शनिकुलांत** २।३ आहेत.

(३) **युरेनस-कुलात :—** २।३ आहेत. त्यातला टेंपलचा धूमकेतु (१८८६) प्रसिद्ध आहे. (४) **नेपचून कुलांत** ६ ते ९ धूमकेतु आहेत. त्यांतला हॅलेचा धूमकेतु प्रसिद्ध आहे. त्याचा पर्ययकाल ७५-७६ वर्षांचा असून तो ख्रिस्तपूर्व २४० पासून दर ७५ वर्षांनीं दिसलेला आहे. १९१० सालीं तो दिसला होता.

याखेरीज १८६२ III आणि १८८९ III या धूमकेतूंची उपसूर्य अंतरें पृथ्वीच्या ४७·६ आणि ४९·८ पट, म्हणजे नेपच्यूनच्या अंतराबाहेर ५०°/. नीं दूर आहेत. त्याअर्थी प्लूटोच्या बाहेर आणखी एखादा ग्रह असण्याचा संभव आहे.

(३) **एकांडे धूमकेतु :—** हे असंख्य आहेत. ते बहुधा अनंतातून येऊन सूर्याला प्रदक्षिणा घालून माघारां जात असावेत हे पुन्हां दिसत नसावेत.

कुलें एक कीं अनेक ? :— वर कौटुंबिक धूमकेतूंची निदान ४ तरी कुलें सांगितलीं आहेत. पण प्रख्यात अमेरिकन ज्योतिर्वेत्ता रसेल याच्या मतें गुरुकुल हें एकटें एकच धूमकेतूंचें कुल असून त्यांत सुमारें ५० धूम-

केतु आहेत. शनि, युरेनस आणि नेपच्यून यांच्या कुलांतले म्हणून जे धूमकेतु वर सांगितले, त्यांच्या कक्षा इतक्या कललेल्या आहेत कीं ते ते धूमकेतु आपल्या तथाकथित कुलप्रमुखापेक्षा गुरूच्याच अधिक जवळ जातात, म्हणून त्यांना गुरुकुलांतलेच मानणें युक्त होईल असें त्याचें म्हणणें आहे.

या सर्व धूमकेतूंचा पर्ययकाल ५ वर्षांपासून १०० वर्षांचा आहे. त्यांतल्या अनेकांच्या कक्षांची विवृत्तता कमी आहे. ते सूर्यापासून जवळांत जवळ येतात तेव्हा पृथ्वी आणि लघुग्रह यांच्या दरम्यान येतात. त्यांतल्या बहुसंख्य धूमकेतूंच्या कक्षा आपल्या आयनिक वृत्ताला छेदतात त्याच्या जवळच, म्हणजे सुमारें १००° भोग येतो तेथें, गुरूचा पातबिंदु आहे. त्यांच्या कक्षाचे बृहदक्ष आपल्या आयनिक वृत्ताशीं फार थोडे कललेले आहेत. बऱ्याच जणांचें उपसूर्यबिंदु गुरूपासून जवळ आहेत.

धूमकेतूंना पकडून आपल्या कुलांत डांबून ठेवण्याचें किंवा त्यांना हुसकावून लावण्याचे कार्य गुरूकडून कसें घडतें हें खालील लहानशा कोष्टकावरून समजूं शकेल. कल्पनेच्या सोयीसाठीं धूमकेतू गुरूच्याच पातळींत असून तो प्रथम अन्वस्ताकृति मार्गानें धांवत येत आहे असें येथें मानलें आहे. धूमकेतूची पातळी निराळी असल्यास तिचा गुरूच्या पातळीवर प्रक्षेप घेतला म्हणजे पुढील विवेचन त्याही प्रसंगीं लागूं पडेल हें उघड आहे.

पूर्वीची कक्षा		नवी कक्षा
१ उपसूर्य बिंदूचें अंतर बरेंच मोठें	१ धूमकेतूच्या गतीची दिशा गुरूला समांतर	१ निवृत्तकक्षा अनुलोम-गति
	२ धूमकेतूची गति गुरूच्या विरुद्ध	२ अपास्त कक्षा ,,
२ उपसूर्य बिंदूचें अंतर कमी	१ धूमकेतूची गति सूर्याकडे	१ निवृत्तकक्षा. प्रतिलोम-गति
	२ धूमकेतूची गति सूर्यापासून दूर	२ अपास्तकक्षा. अनुलोम-गति

यातले अपास्त कक्षेचे धूमकेतु सूर्यकुलाला सोडून बाहेर जातात. गुरूला समांतर येतात त्यानांच तो पकडून हळूं हळूं जखडून टाकतो. प्रतिलोम गतीचे धूमकेतु असतात ते केव्हां ना केव्हां तरी गुरूला सामोरे येतात, त्यांना तो धुडकावून बहुधा सूर्यकुलाबाहेर हाकलतो.

धूमकेतूचें वस्तुमान—धूमकेतूचे बहिरंग आणि त्यांची एकंदर वागणूक जशी चमत्कृतिपूर्ण असतें, तद्वतच त्यांचें अंतरंगही गमतीचें असतें. धूमकेतूंना ग्रहोपग्रहांसारख्या कला असत नाहींत. खरें पाहिलें तर धूमकेतूचे केन्द्र हा त्याचा एक अत्यंत दाट भाग असतो. तरीसुद्धां एखादा धूमकेतु जेव्हां एखाद्या ताऱ्याच्या अंगावरून जातो तेव्हां केवळ डोक्याशेंडींतूनच नव्हे तर केन्द्रांतून देखील आरपार पलीकडचे लहान मोठे तारे दिसूं शकतात, इतकी तेथें वस्तुजाताची विरलता असते. याचा अर्थ असा नव्हे कीं एवढ्या विस्तीर्ण क्षेत्रांत दूरदूर अंतरावरदेखील लहान मोठे दगड वा इतर घट्ट पदार्थ अजिबात असत नाहींत.

निसर्ग नियम असा कीं, कोणतेही दोन स्वस्थ पदार्थ जेव्हां एकमेकांच्या आकर्षणक्षेत्रांत येतात तेव्हा ते आपापल्या वस्तुमानाच्या, आणि अंतराच्या व्यस्तवेग प्रमाणांत एकमेकांच्या कक्षेवर आणि गतीवर परिणाम करतात. या दृष्टीनें पाहिल्यास १७७० साली लेक्सेलचा धूमकेतु जेव्हां पृथ्वीच्या जवळ आला होता तेव्हां पृथ्वीवर कांहींतरी परिणाम घडावयाला हवा होता. त्याचें वस्तुमान पृथ्वीच्या $\frac{१}{१३०००}$ इतके असते तरी देखील पृथ्वीचा भ्रमणकाल, म्हणजे आपलें वर्ष, एका सेकंदानें लहान झाला असता. पण असें कांहीं न घडता उलट धूमकेतूचा पर्ययकालच $२\frac{१}{२}$ दिवसांनीं लहान झाला होता. १८८६ सालीं ब्रुक्सचा धूमकेतु गुरुच्या पहिल्या उपग्रहकक्षेच्याही आंतून निघून गेला होता. त्याचे वस्तुमान पृथ्वीच्या $\frac{१}{१००००}$ असतें तरी गुरूचा पर्ययकाल १–२ मिनिटांनीं कमी झाला

असता. त्या ऐवजीं उलट या धूमकेतूचा पर्ययकालच २९ वर्षांवरून ७ वर्षांवर आला, आणि १८८९ सालीं त्याची दोन छकलें झालेलीं आढळलीं.

बुधशुक्रासारखे ग्रह जेव्हां सूर्यबिंबावरून जातात तेव्हां त्याचे काळे ठिपके सूर्यबिंबावरून सरकत असलेले दिसतात. पण १८८२ चा आणि १९१० मधील हॅलेचा, धूमकेतु सूर्यबिंबावरून गेला तेव्हां निकाश आणि वर्णादर्शद्वारा देखील धूमकेतूंचा केव्हांच थागपत्ता लागला नाहीं.

श्वाझ्र्चाइल्डच्या मतें पृथ्वीच्या वातावरणातील एका घनइंच जागेंत जेवढी हवा सामावलेली असेल, तेवढ्या वस्तुमानानें १९१० मधील हॅलेच्या धूमकेतूच्या शेंडींतला २००० घन मैल जागेचा टापू व्यापलेला असेल. इतकी विरळता असते म्हणूनच केव्हां केव्हां धूमकेतूंना 'नसत्याची पोतडी' किंवा 'नसतें अस्तित्व' असें म्हणतात. पण यासारख्या शब्दप्रयोगांनीं केवळ सापेक्ष विरलताच दिग्दर्शित केली जाते. साधारणतः धूमकेतूमध्यें सरासरीनें आपल्या पृथ्वीच्या एक-दशलक्षांश वस्तुमान असतें. म्हणजे सुमारें ६६ लक्ष-अब्ज (सहासष्टावर चौदा शून्यें) टन वस्तुमान असतें. तें क्षुल्लक आहे असें मानतांना थोडीशी कुबेराशींच सलगी करावी लागते !

धूमकेतूंचा वर्णपट :—दरवर्षी पाच सात धूमकेतु दुर्बिणींतून चांगले दिसतात पण ज्यांचा वर्णपट घेता येईल इतके तेजस्वी थोडेच असतात. अशा वर्णपटात सूर्याच्या वर्णपटाची एक मंदशी प्रतिकृति उमटते आणि तिजवर जागजागीं कांहीं तेजस्वी रेषांचें आणि पट्टयांचें प्रत्यारोपण घडलेलें आढळतें. हा जो सूर्यप्रकाशाचा वर्णपट म्हणून सांगितला तो मुख्यत्वें धूमकेतूच्या केन्द्रभागीं, शिरोभागीं आणि शिखेत असणाऱ्या घनावस्थेतल्या वस्तुकणांवरून परावर्तन पावून आलेला असतो. उरलेल्या तेजस्वी

रेषा आणि पट्टे सांगितले ते धूमकेतूमधील वायूंपासून निर्माण झालेले असतात. प्रत्येक धूमकेतूच्या निरनिराळया आंगोपांगापासून निरनिराळ्या रेषा मिळतात. एका धूमकेतूपासून दुसऱ्याच्या रेषा निराळ्या असतात. सूर्यापासून या धूमकेतूंचें जें अंतर असेल त्यावरही या रेषा अवलंबून असतात.

१९४३ सालीं स्विंग याला धूमकेतूंत पुढील मौलांच्या आणि रासायनिक संयुगांच्या रेषा आढळल्या आहेत. उज्जोर्वक (OH), नैजोज्जक (NH), नैजार्वक (CN), मेथीन (CH), अर्वातु (C), अर्वद्विधोज्जक (CH_2) नैजद्विधोज्जक (NH_2) आणि OH^+ यांखेरीज पुढील विदलित रेणुही CH^+, CO^+, $N_2{}^+$ केन्द्रानजीक आढळले असून शिखेंतही ते सापडले आहेत.

धूमकेतूंचें तेज :—कांहीं धूमकेतु जेमतेम दुर्बिणींतून दिसण्याइतपतच तेजस्वी असतात. तर कांहींची चकाकी चंद्रसूर्याच्या खालोखाल असते. १८८२ चा धूमकेतु इतका तेजस्वी होता कीं सूर्यबिंबापासून ३-४ अंशांच्या अंतरावर तो असतांना केवळ हातानें सूर्यबिंब उत्कृष्ट झाकून तो दिवसा पाहतां येई. सुमारें १ वर्षानें तो उत्कृष्ट दुर्बिणींतूनहि दिसेनासा झाला. १९२५ II हा धूमकेतु फेब्रुवारी १९३१ मध्यें सूर्यापासून पृथ्वीच्या आठपट अंतरावर होता तेव्हां अगदीं थोड्या दिवसांत त्याच्या केन्द्राचा विस्तार होतां होतां तें सबंध शिरोभागाशीं एकरूप झालें होतें आणि पूर्वीच्या १०० पटीनें हा शिरोभाग अधिक तेजस्वी झाला होता. १९३३ सालीं असेंच एका धूमकेतूविषयीं घडलें होतें. यावरून, ही घटना केवळ सूर्यतेजावर अवलंबून नसून धूमकेतूचें स्वतःचेंही कांहीं तेज असलें पाहिजे असें एक मत आहे.

याउलट दुसरें मत आहे तें असें कीं, धूमकेतूपासून प्रकाश मिळतो

खरा, पण सूर्य आणि तारे हे ज्या प्रमाणें, आणि ज्या अर्थानें स्वयंप्रभ आहेत तसे धूमकेतु नाहींत. धूमकेतु जेव्हां सूर्यापासून दूर असतो तेव्हां त्याच्यापासून मिळणारें तेज मुख्यत्वें सायनोजन (CN) चें असतें. जसजसा तो सूर्याजवळ येऊं लागतो तसतशी अर्वातु आणि मेथीन (CH) याची इयत्ता वाढते. मंगळाच्या कक्षेजवळ येतो तेव्हां विशेषतः शेंडीच्या आरंभीं अर्वोवेक (CO) आणि नैजातूच्या रेषा दिसतात. पृथ्वीच्या कक्षेत येतो तेव्हां कांहीं रेषा मंदावून इतर कांहीं ठळकपणें प्रगट होतात. शुक्राच्या कक्षेजवळ सामुद्रातूच्या पिवळ्या रेषा प्रकट होऊन जसजसा तो सूर्याजवळ येतो तसतसें या रेषांचेंच प्राधान्य आढळतें. १८८२ II हा धूमकेतु सूर्यापासून सुमारें ३ लक्ष मैलांवरून गेला होता तेव्हां त्याच्या शिरोभागीं सुमारें ३००० ° श तपमान असावें. त्याच्या वर्णपटांत सामुद्रातूच्या लोहाच्या १७ तेजस्वी रेषा होत्या. क्रोमियम आणि निकेलच्याही कांहीं रेषा असाव्यात.

अशा रीतीनें धूमकेतूपासून येणारा प्रकाश हा अनेक अणुरेणूंच्या मिश्रणापासून मिळणारा असून त्याचा प्रकार आणि त्याची इयत्ता ही त्या धूमकेतूच्या सूर्यापासूनच्या अंतरावर अवलंबून असणारी दिसते. यावरून असें अनुमान निघतें की बहुधा धूमकेतूच्या अणुरेणूंवर सूर्यतेज पडल्यावर त्यांतलें कांहीं तरंगायामांचें तेजच तेवढें ते शोषून घेतात आणि बहुधा दुसऱ्या दीर्घ आयामांचें तेज ते परत फेकतात, म्हणजे त्यांचें 'प्रस्फुरण' घडतें. जेव्हां तेजाचें आदान आणि प्रदान हीं दोन्हीं एकाच प्रकारच्या किरणांचीं असतात. तेव्हां त्याला 'संवादी-प्रस्फुरण'– (रेझोनन्स-फ्लुओरश्नन्स) म्हणतात. धूमकेतूंच्या वर्णपटांत जे तेजाचे पट्टे उमटतात ते यामुळेंच असावेत असें एक मत १९११ सालापासून प्रचलित आहे. तेंच ग्राह्य मानण्याकडे अनेकांचा कल आतां आहे.

धूमकेतु आणि बुध-वस्तुमान :—धूमकेतु हे अत्यंत विरळ असल्या-मुळें सूर्यकुलांतल्या ग्रहाचा जसा त्याच्या गतीवर परिणाम होतो, तसाच ग्रहाविषयींच्या ज्ञानात भर घालण्याकडेही धूमकेतूंचा उपयोग झाल्याचें एक उदाहरण उपलब्ध आहे. १७८६ सालापासून दर ३$\frac{१}{४}$ वर्षांनीं दिस-णारा एंकेचा धूमकेतु प्रथम पाहिला गेला तेव्हांपासून १८७१ पर्यंत त्याचा सरासरी पर्ययकाळ थोडथोडा कमी होत होता. त्यावरून तो एखाद्या घर्षक माध्यमांतून जात असावा अशी शंका मूळ धरू लागली न लागली तोंच तो पुन्हां पूर्ववत येऊं लागला होता. हा धूमकेतु १८३५ च्या ऑगस्टात बुधाच्या इतका जवळून गेला, कीं बुधाचें जें वस्तुमान, पूर्वी लाप्लासच्या निर्णयानुसार मानलें जात होतें तें बरोबर असतें, तर या धूमकेतूच्या स्थानात १८३८ सालीं बराच बदल व्हावयास हवा होता. तो तसा झाला नाहीं. म्हणून आतां बुधाचें वस्तुमान पूर्वीपेक्षां कमी मानलें जाऊं लागलें आहे.

धूमकेतूंचें तात्त्विक विवेचन :—ज्या तऱ्हेचें रूप धारण करून धूमकेतु आपल्या दृष्टोत्पत्तीला येतात तसलें रूप त्यांना मिळावयाला सूर्याचें आकर्षण आणि सूर्यप्रकाशाचा दाब हींच मुख्यत्वें कारणीभूत होत असावींत. पैकीं, सूर्याच्या आकर्षणाचा प्रभाव घडल्यामुळें ग्रहाचे मार्ग कसे बनतात हें मागें इतरत्र, पाहिलेंच आहे. राहतां राहिला प्रका-शाचा दाब.

प्रकाशाला स्वतःचा म्हणून कांहीं दाब आहे ही गोष्ट मॅक्स्वेलनें प्रथम गणिताधारें मांडली, आणि लेबेडेफ-निकल्स-हल यांनीं प्रयोगानें सिद्ध केली. हा दाब फार थोडा आहे. कोणत्याहि पदार्थाच्या ज्या भागावर सूर्यादि तेजोगोलाचें तेज पडतें त्या भागाच्या क्षेत्रफळप्रमाणांत हा दाब असतो. एखादा लहानसा गोल जेव्हां सूर्याच्या रोखानें येत असतो तेव्हां त्याच्यावर घडणारें सूर्याचें आकर्षण हें गोलत्रिज्येच्या घनप्रमाणांत असतें, तर उलट

सूर्याचें तेजप्रेरण हें त्रिज्येच्या वर्गप्रमाणांत असतें. त्रिज्या जेव्हां पुरेशी लहान असेल तेव्हां आकर्षणापेक्षां प्रतिकार मोठा होऊं शकतो. पदार्थाचा व्यास $\frac{१५}{१०,०००}$ मि.मि. पासून $\frac{७}{१०,०००}$ मि.मि. पर्यंत असेल तर हा प्रतिकार प्रभावी होऊं शकतो. यांतील दुसरी म्हणजे लहान, मर्यादा घेतली तरी तो पदार्थ वायवी रेणूपेक्षां मोठा असला पाहिजे असें अनुमान निघतें.

यावरून असें वाटतें कीं प्रत्येक धुमकेतु हा बहुधा वायूंनीं वेष्टिलेल्या वस्तुकणांचा एक संघच असावा. असले अनेक संघ आपल्या सूर्यकुलांत आणि ज्या क्षेत्रांतून सूर्याचा प्रवास होतो त्या भागांत ठिकठिकाणीं विखुरलेले असावेत. या वायवी संघांवर सूर्याचें आणि गुरूचें आकर्षण विशेष प्रभावी असल्यामुळें ते त्यांच्या रोखानें झेंप घेत असावेत. जोपर्यंत हे संघ दूर असतात तोंपर्यंत तेजोनिस्सारणापेक्षां आकर्षणाचाच प्रभाव विशेष असल्यामुळें जसजसे ते सूर्याजवळ येतील तसतसा त्यांच्या आकारांत लंबगोलपणा येत असावा. साधारणतः कोणताहि धुमकेतु जोंपर्यंत पृथ्वीपासून दूर, मंगळाच्या कक्षेबाहेर असतो तोंपर्यंत त्याचा थबकट शिरोभागच तेवढा दिसतो. जसजसा तो सूर्याजवळ येईल तसतसा त्याच्या शिरोभागावर आणि केन्द्रस्थानीं असणाऱ्या घनपदार्थावर— धुलिकणांवर आणि शिलाखंडांवर— अधिकाधिक प्रखर सूर्यकिरणांचा मारा होऊन त्याचा केन्द्रभाग अधिकाधिक उद्दीप्त होत असावा. त्यांतून वायूंचे उद्रेक निघत असावेत. त्यांची वलयें बनून तीं दूरवर निघून जात असावींत. त्यात ज्या ज्या रेणूंवर आकर्षणापेक्षां ईरणाचा प्रभाव विशेष असेल ते दूर मागें फेकले गेल्यामुळें धुमकेतूला शिखाप्राप्ति होत असावी. सूर्याजवळ तो येतो तसतशी ही शिखा वाढते. आणि तिच्याद्वारा धूमकेतूंतले कांहीं द्रव्य निघून जाऊन ते अंतराळांत विलीन होतें. त्याला अर्थात्‌च धूमकेतु मुकतो. पण एकाद्या इंजिनांतून धूर निघून गेला म्हणून इंजिनाचें जेवढें नुकसान

होत असावें, तसेंच येथेंही घडत असावें. एरव्हीं हॅलेसारखे धूमकेतु शतकानुशतकें येतात आणि जातात, त्यांच्या दृश्य आकारांत म्हणण्याजोगी घट आढळत नाहीं याची संगति कशी लावावी ?

शिखांचें तात्विक रूप—झोलनर आणि ब्रेडिचिन यांनीं धूमकेतुच्या शेंडीचे तीन प्रकार कल्पिले आहेत. (१) शूलाकृति-- लांब, निरुंद. उदा. मोरहौसचा धुमकेतु. अशा शिखेंत सूर्याचें बैजिक ईरण हें आकर्षणाच्या ८--१० पट मोठें असल्यामुळें साहजिकच धुमकेतूंतील वस्तु झपाट्यानें निघून जाईल. यांत बहुधा उज्जातु (H) प्रधान असावा. (२) करवालाकृति. उदा. डोनाटी १८५८. आंखूड बांकदार रुंदीकडे पसरट येथील ईरण बहुधा आकर्षणाच्या दुपटी तिपटी येवढें असावें. शेंडींत अर्बातु (C) चें प्राधान्य असावें. (३) कृपाणाकृति. लहान कुंचलीवजा अधिक बांकदार. येथील ईरण बहुधा आकर्षणाच्या कांहीं अंशाइतकेंच असावें. येथील वायु मुख्यत्वें धातवीय असावेत.

धूमकेतूचे जीवनमरण :---सूर्याच्या रोखानें धूमकेतूची धांव चालू असतांना कोणत्याही एखाद्या विवक्षित क्षणीं जेथें धूमकेतु असेल तेथपर्यंतचा, म्हणजे तेवढ्या त्रिज्येच्या गोलांत सामावणारा, अंतराळांतला सर्व भाग हल्लींच्या सूर्यानें व्यापला असता तर या सूर्याची जी घनता आली असती ती घनता, आणि प्रत्यक्ष धूमकेतूची घनता १ : ३ या प्रमाणांत असेल तोंवर त्या धूमकेतूंतला द्रव्यसंघ आपलें स्वतंत्र अस्तित्व टिकवूं शकतो. धूमकेतु जसजसा सूर्याजवळ येतो तसतशी त्याची घनता तोकडी पडूं लागते. धूमकेतूतील कणाकणांचें परस्परांवर आकर्षण असतें, तें थोडें असतें. तरी त्यावरच धूमकेतूचा संघात एकत्रित राहूं शकतो. त्यावर आतां दुतर्फा खेंचाखेंची सुरू होते. एका बाजूला सूर्याच्या आक-

र्षणाची खेंच चालू असतांना तद्विरुद्ध खालील घटनाही विचारांत घेण्याजोग्या असतातः—

(अ) शिरोभागांतून शेंडीकडे उतरणारें द्रव्य.

(आ) धूमकेतूंतील वस्तुकण आणि भोंवतालच्या अंतराळांतील वस्तुकण यांचा संघर्ष.

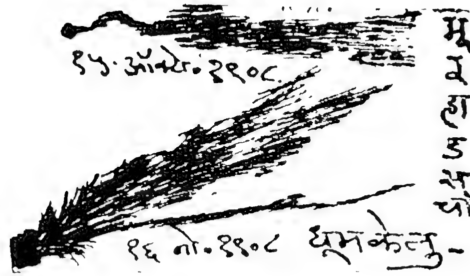
(इ) सूर्यप्रकाशाच्या आणि वैश्वकिरणांच्या तेजोवैजिक क्रियेमुळें घडणारा विजेचा उच्चय आणि तद्द्वारां घडणारें कणाचें निष्कासन.

(ई) लहानमोठ्या कणांना आपापल्या आकारमानाप्रमाणें निरनिराळ्या कक्षांत विभागणारा पॉयटिंग रॉबर्टसन परिणाम.

या खेंचाखेंचींत जोंपर्यंत दोन्ही पारडीं साधारणतः समसमान असतील तोंपर्यंत धूमकेतु शिरसलामत निघून जातो. डोक्यावर घेतलेलें मरण शेंडीवरच भागतें. पण, वर सांगितल्याप्रमाणें धूमकेतूची घनता कांहींकारणानें कमी भरली म्हणजे मग मात्र सूर्याचें आकर्षण अधिक प्रभावी ठरतें, आणि धूमकेतूचा शिरोभाग द्विधा, त्रेधा, किंवा अनेकधा विदीर्ण होतो; त्यांतून लहान लहान धूमकेतूंची निर्मिति होते.

बिएलाचा धूमकेतु :—(पर्ययकाळ ६$\frac{3}{4}$ वर्षे) हा १७७२ पासून १८४६ सालापर्यंत नियमितपणें आकाशांत दिसत असे. १८४६ त तो गेरासारखा लांबोडका झाला आणि दुभंगला. तीन महिन्यांत त्या दोन तुकड्यांचें अंतर १,६०,००० मैल झालें. प्रत्येकाला डोकें, केन्द्र, शिखा वगैरे भाग होते. १८५२ त ते एक मोठा, एक लहान अशा आकारात दिसलें. तेव्हां परस्परापासून १५ लक्ष मैलांवर होते. त्यानंतर ते पुन्हां कधीं दिसले नाहींत. मात्र, बिएलाचा धूमकेतु ज्या मार्गानें आपली वाटचाल करीत असे, तो मार्ग ओलांडून आपली पृथ्वी दरवर्षी नोव्हेंबरच्या २५

तारखेच्या सुमारास जाते, तेव्हा तिजवर उल्कापाषाणांची वृष्टि होत असते. तिलाच आपण देवयानी तारकापुंजाची वृष्टि म्हणतो, कारण ती त्या दिशेनें होत असतें.



आकृति नं. ३५

मोरहौस नांवाच्या धूमकेतूच्या आकारांत देखील असाच पाहतां पाहतां बदल झाला होता. १९१० सालीं दिसलेल्या हॅले धुमकेतूच्या शेंडींतून एक वट निसटलेली दिसली ती पहिल्या २४ तासांत विपळागणिक ४० मैल वेगानें आणि दुसऱ्या दिवशीं ५५ मैल वेगानें धूमकेतूला सोडून दूर जात असलेली दिसत होती.

ग्रहांचें विध्वंसनकार्य-केवळ सूर्याच्या आकर्षणाचाच प्रभाव धूमकेतूवर पडतो असें नव्हे. इतरही ग्रहांचा परिणाम घडतो. मात्र हे ग्रह, सूर्याच्या मानानें अगदींच लहान असल्यामुळें त्या त्या ग्रहांचा परिणाम व्हावयाच्या मर्यादा धूमकेतुचें अंतर, त्याची घनता, इत्यादिकांविषयींच्या मर्यादा,-प्रत्येक ग्रहागणिक निरनिराळ्या येतात. या मर्यादांचें उल्लंघन धूमकेतूकडून घडलें म्हणजे त्याचें यथोचित प्रायश्चित त्याला द्यावें लागतें. या मर्यादा खालील कोष्टकांत दिल्या आहेत.

ग्रहांच्या विध्वंसन मर्यादा

ग्रह	सूर्यापासून अंतर पृथ्वीचें अंतर = १ मानून	सूर्याच्या आकर्षणाइतकें आकर्षण घडण्यास ग्रहांचें धूमकेतूपासूनचें अंतर. (सूर्य-पृथ्वी अंतर हे एकधेय मानून)	घनतेची मर्यादा एका घनसेंटिमीटरला इतके ग्रॅम्स.	पृथ्वीपासून सूर्याचें अंतर आहे त्या अंतरावरून सूर्याचें आकर्षण तेवढें आकर्षण घडण्याला ग्रहापासूनचें अंतर
बुध	०.३९	०·००१९	७·४ दशलक्षांश	०·००४८
शुक्र	०·७२	०·००९८	१·१ दशलक्षांश	·०१३
पृथ्वी	१·००	०.०१४४	४·३ कोटयंश	·०१४
मंगळ	१·५२	०·०११	१·२ कोट्यंश	·००६७
गुरु	५·२०	०·५१	३·० अब्जांश	·०९६
शनि	९·५४	०·६३	५·० खर्वांश	·०६४
युरेनस	१९.२	०·६८	६·२ निखर्वांश	·०३४
नेपच्यून	३०·०	१·११	१·६ निखर्वांश	·०३६
प्लूटो	३९·५	०·५३	७.० महापद्मांश	·०१३

धूमकेतूचे जातगोत : सूर्यकुलाचा विचार करणाऱ्यापुढें धूमकेतूंच्या रूपानें एक भलें मोठें प्रश्न चिन्ह नेहमीं उभें राहतें. अनेक धूमकेतूंच्या कक्षा आतांपर्यंत गणितानें काढल्या गेल्या आहेत. त्यापैकीं बरेचजण विवृत्ताकृति मार्गानें सूर्याभोंवतीं फिरणारे आहेत. कांहीं थोड्यांच्या कक्षा अन्वस्ताकृति मिळाल्या आहेत पण त्याचा वेग हा विवृत्ताकृति आणि

अन्वस्ताकृति मार्गावरील सीमारेषेच्या जवळचा असल्यामुळें कदाचित् त्या विवृत्ताकृति ठरण्याचाही संभव आहे. क्वचित् कांहीं धूमकेतूंचे मार्ग अपास्ताकृतीहि आढळले आहेत म्हणून तूर्त तरी, बरेचसे धूमकेतू हे आपल्या सूर्यकुलाचेच सभासद म्हटले पाहिजेत. असें त्यांना मानावयाचें म्हटल्यावर सूर्यकुलाच्या जन्माबरोबरच त्यांच्या जन्माची कथाहि सांगता आली पाहिजे. एखादी फिरती अभ्रिका थिजून तिच्या वैषुव पातळींतून निखळलेल्या वस्तुसंचयांतून ग्रहोपग्रहाची निर्मिति झाली, किंवा दुसऱ्या एखाद्या ताऱ्यानें खेंचल्यामुळें उसळलेल्या वस्तुशुंडेतून ते जन्माला आले असें म्हणावयाचें असल तर त्याच विचारसरणींतून निघणाऱ्या एखाद्या सुसंगत उत्तराच्या द्वारा दशदिशांनीं धांवुन येणाऱ्या, सव्यापसव्य गति घेणाऱ्या धूमकेतूंचाहि उलगडा करतां आला पाहिजे. सूर्यकुलाची विविधता सांगतांना मात्र त्यांची गणना सूर्यकुलात करावयाची, आणि जातगोत सांगतांना त्यांना दूर लोटावयाचें असें करून चालणार नाहीं. नेपचून युरेनस, शनि आणि गुरु यांच्या बाह्य उपग्रहाना प्रतिलोभ गति आहे ती धूमकेतूंच्या मुळेंच असें म्हणावयाचें असेल तर विरल म्हणून गेलेल्या धूमकेतूंच्या हातून हें कार्य कसें घडलें याचा छडा लावता आला पाहिजे, किंवा हें उपग्रह हेच पकडलेल्या धूमकेतूंचे अवशेष म्हणावयाचे असतील तर हें कार्य कोणत्या धूमकेतूंमुळें, केव्हा, कसें घडलें हें सांगतां आलें पाहिजे. युरेनस, शनि आणि गुरु यांचीं विषुववृत्तें आपापल्या पातळीशीं अनुक्रमें ९८°, २६° आणि ३° अशा उतरत्या क्रमानें कां आहेत, मंगळ आणि पृथ्वी यांचाही क्रम असाच उतरता कां आहे,—धूमकेतूंचेंच हेंही कार्य असेल कां? हें सांगतां आलें पाहिजे. धूमकेतू येतात आणि जातात, पण अशीं अनेक प्रश्न चिन्हें मागें शिल्लक राहतात.

प्रास्ताविक :—चांदण्यारात्रीं सहजगत्या गच्चींत फिरत असतांना आकाशाकडे दृष्टि जाते व मनांत नानातऱ्हेचे विचार येतात. एवढे तारे निर्माण तरी कसे झाले? ते किती दूर आहेत? ते केवढे असतील? ते प्रकाशित कां आहेत? ही सर्व माहिती मनोरंजक जरी असली तरी थोडक्यांत सांगतां येण्याजोगी नाहीं. पण या कुतूहलाचें थोडें फार समाधान आपण सूर्यकुलाचा अभ्यास केला तर होऊं शकतें.

आपलें सूर्यकुल सूर्याशिवाय एकून नऊ ज्योतींचें—ज्याना आपण ग्रह म्हणतो त्याचें—झालेलें आहे. त्यांचीं नावें सूर्यापासून दूर क्रमानें बुध, शुक्र, पृथ्वी, मंगळ, गुरु, शनि, युरेनस, नेपच्यून व प्लुटो अशीं आहेत. याशिवाय या कुलाच्या आसपास असलेले लघुग्रह, धूमकेतु, उल्का व अशनि ह्याहि आहेतच. या सर्वांस आपण सूर्यकुल म्हणत आहों. 'रघुकुल' म्हटल्याबरोबर रघु घराण्याचा मूळ पुरुष, त्यांचें शील, चरित्र पराक्रम आणि त्याची विशिष्ट परंपरा असलेले वंशज आपल्या मनांत येतात; त्याचप्रमाणें सूर्यकुलाचें आहे. त्याचीं कांहीं वैशिष्ट्यें पुढें दिलीं आहेत.

परिभ्रमण व परिवलन :—सूर्याभोंवतीं फिरणाऱ्या त्या ग्रहादिक ज्योतींच्या कक्षा जवळजवळ वर्तुळाकार असून त्या आयनिक वृत्ताच्या पातळीपासून फार दूर नाहींत. व त्या सूर्याच्या विषुववृत्ताच्या पातळींतच साधारणपणें आहेत. सूर्य स्वतःभोंवतीं फिरतो तसेंच हे ग्रहहि आपल्या-भोंवतीं फिरतात. या सर्व परिवलनाची व परिभ्रमणांची दिशा एकच आहे. या ग्रहांचे उपग्रहहि स्वतःभोंवतीं व आपआपल्या ग्रहाभोंवतीं त्याच दिशेनें फिरतात. अपवाद नाहीं असें नाहीं. नेपच्यूनचा उपग्रह व शनीचे व गुरूचे कांहीं उपग्रह हे उलट दिशेनें फिरतात असें दिसतें. पण

सर्वसाधारण रीतीनें ते एकाच दिशेनें फिरतात असें म्हणावयास प्रत्यवाय नाहीं व म्हणून अशा तऱ्हेच्या सरूप वलन व भ्रमण क्रियांचें व अशा असणाऱ्या ग्रहांच्या निर्मितीचें कारण एकच असूं शकेल असें मानावयास जागा आहे.

द्रव्यें :—वास्तवशास्त्रांत अलीकडे जी प्रगति झाली आहे त्याचें पुष्कळसें श्रेय वर्णलेखांच्या अभ्यासास आहे. असें दिसून आलें आहे कीं, प्रत्येक मूलद्रव्याचे अणु ठराविक तपमानाच्या परिस्थितींत विशिष्ट असाच वर्णलेख दाखवितात. पृथ्वीवर सांपडणाऱ्या मूलद्रव्यांच्या अणूंचे वर्णलेख यांची तुलना करून शास्त्रज्ञांनीं असें दाखविलें आहे कीं, या ग्रहोपग्रहांचें द्रव्यहि सारख्याच प्रकारचें आहे. शिवाय अंतराळांतून लहान मोठे दगड पृथ्वीवर येऊन पडतात, त्यांचें पृथःकरण केल्यावरहि वर सांगितलेल्या माहितीस पुष्टि मिळते. एवढेंच नव्हें, तर गणिताच्या साहाय्यानें असें दाखवितां येतें कीं, सूर्याचें एकट्याचें वस्तुमान सर्व ग्रहांच्या वस्तुमानांच्या बेरजेपेक्षा किती तरी पटीनें अधिक आहे. त्यामुळें कदाचित् सर्व ग्रह सूर्यापासूनच निर्माण झाले असावेत असें म्हणण्यास जागा आहे.

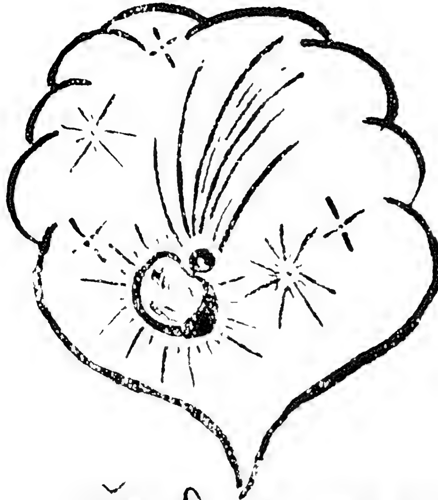
वयोमान :—पृथ्वीच्या कवचांत जसजसें आंत जावें तसतसें तपमान वाढत जातें. सुमारें पाऊण मैल अंतरांत ते ३०° सें. इतकें वाढतें. याप्रमाणें साधारण ३०।३१ मैल खोलीवर सुमारें १५०० सें. तपमान असलें पाहिजे. या उष्णतेच्या प्रभावानें खडकासारखे कठीण पदार्थ सहज वितळतात. यावरून असें दिसतें कीं, पृथ्वीचें कवच हें मूल—विरल—द्रव्यापासून जसजशी उष्णता कमी होत गेली तसतसें थिजून बनलेलें आहे. याप्रमाणें कवच बनण्याचा क्रम ठाऊक झाल्यावर हें किती पूर्वीपासून तयार होत आलें असावें—म्हणजे पृथ्वीचें साधारण वयोमान काय असावें हें

सहज सांगतां येतें. तें निदान १०० ते १५० कोटी वर्षें असावें असें अनुमान काढलें आहे.

पृथ्वीच्या पोटांत कांहीं पदार्थ असे आहेत कीं, ते आपण होऊन थोडथोडी शक्ति प्रकाशलहरींचे स्वरूपांत किंवा अतिसूक्ष्म द्रव्यघटकांच्या स्वरुपांत बाहेर फेंकतात. अशा पदार्थास 'तेजोत्सारी द्रव्यें' म्हणतात. हे पदार्थ अशा रीतीनें शक्ति बाहेर टाकीत असतानां त्यांच्या अणूंत मूलगामी फरक होऊन त्याचे गुणधर्म बदलतात व तो पदार्थ पूर्वीचा न राहून शिसें या स्वरुपांत परिणत होतो. अशा तऱ्हेनें पृथ्वीवरील खडकांत तयार झालेल्या शिशाच्या प्रमाणाची मोजदाद करून भूगर्भशास्त्रज्ञांनीं पृथ्वीचें वयोमान ठरविलें आहे आणि आश्चर्य हें कीं, तें आयुर्मानाशीं जुळतें. तसेंच सूर्याचें वयोमान साधारणतः २०० कोटी वर्षें असावें असा तर्क करण्यासहि सबळ कारणें आहे. आणि म्हणून ग्रह व सूर्य यांचें जन्यजनक संबंध असावेत असें मानणें चुकीचें ठरणार नाहीं.

ग्रहांचीं अंतरें व गति यांचे नियमः—ग्रहांच्या अंतरांसंबंधीं बोड या शास्त्रज्ञानें मांडलेल्या नियमाचा पूर्वी उल्लेख केलाच आहे. तो बहुतेक जवळ जवळ सर्व ग्रहांच्या अंतरास लागू पडतो; त्यामुळें सर्व ग्रह एकाच वेळीं एकाच कारणानें-प्रकारानें तयार झाले असावेत अशी कल्पना करण्यास वाव आहे. यांतच केप्लरचे नियम हेहि पुराव्यादाखल समाविष्ट करतां येतील. त्यामुळें सर्व ग्रह एकाच कुलांतील कां हें सहज पटेल आणि मग साहजिकच या सूर्यकुलाच्या जन्माची कहाणी काय असा प्रश्न उत्पन्न होतो.

बफॉनची मीमांसाः-सूर्यकुलाच्या जन्माची कारण मीमांसा पहिल्यानें बफॉन (Buffon) या फ्रेंच शास्त्रज्ञानें करण्याचा (१७४९) प्रयत्न केला. त्यानें अशी कल्पना पुढें मांडली कीं, फार कालापूर्वी आपला सूर्य

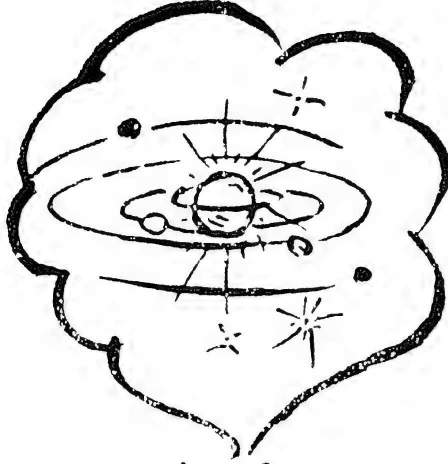


बफॉनची आघातकल्पना

आकृति नं. ३६

म्हणजे एक मोठा थोरला तेजोमय द्रव्यमेघ होता. तो अंतराळांत तरंगत होता. त्यावेळीं त्यावर एक धूमकेतु येऊन आदळला. त्या दोघामधील आघातानें तेजोमेघावर प्रचंड लाटा उत्पन्न होऊन त्या भागाचे कांहीं तुकडे आकाशांत फेकले गेले आणि हे तुकडे म्हणजेच आपल्या सूर्यकुलांतील ग्रह.

कांट लाप्लासची कल्पनाः—बफॉनचे मागून सुमारें ४० वर्षांनीं कान्ट नांवाच्या जर्मन तत्त्ववेत्त्यानें अगदीं निराळीच कल्पना पुढें मांडली. त्याच्या म्हणण्याप्रमाणें सूर्यकुलाचा जन्म दुसऱ्या कोणत्याहि ज्योतीच्या आघातानें झाला नसून तो खुद्द सूर्यांतूनच झाला आहे. अतिशय पूर्वी सूर्य एक प्रचंड असा द्रव्यसंचय होता. तो वायुरूप असून उष्णतेमुळें थोडा प्रकाशमानहि असला पाहिजे. त्याला थोडी चक्राकार गतीहि असावी. अशा तऱ्हेचा हा तेजोमेघ साहजिकच आपली उष्णता सर्व



कांट ची वलय कल्पना

आकृति नं. ३७

दिशांस फेकीत असला पाहिजे. आणि त्यामुळें उष्णता कमी होऊन तपमानहि कमी कमी होत असलें पाहिजे. तपमान जसजसें कमी होत गेलें तसतसें या तेजोमेघाच्या द्रव्यसंचयाचें आकुंचन होत गेलें व त्यामुळें त्याची मूळची चक्राकार गति वाढतच गेली.

या ठिकाणीं एक अगदीं साधा प्रयोग सांगितला तर चक्राकार गति आकुंचनानें कशी वाढते हें चटकन् लक्षांत येईल. एक सपाट फळी घेऊन ती आंसाभोंवतीं जमिनीस समांतर फिरेल अशी रचना करावी. त्यावर एका माणसास, त्याचें हातांत जड वजनें देऊन उभें करावें. प्रथम हात लांब खांद्याच्या रेषेंत पसरलेले ठेवण्यास सांगून त्यास हळू अशी चक्राकार गति द्यावी. जर त्यास हात अंगाजवळ आणण्यास सांगितलें तर जसजसे हात अंगाजवळ येतील तसतशी चक्राकार गति वाढेल. या प्रयोगांतील हात जवळ आणण्याची क्रिया आकुंचनाप्रमाणें आहे हें लक्षांत येईल व आकुंचनानें चक्राकार गति वाढते कशी हें कोडें सुटेल.

या वाढत्या चक्राकार गतीमुळें तेजोमेघाचा आकार चपटा—भाटणाळ भिंगासारखा—होत गेला व त्यांतून ही गति वाढल्यामुळें मध्यभागाजवळ विषुववृत्ताभोंवतीं वायुरूप द्रव्याचें वलय तयार झालें. एक वलय झाल्यावर दुसरें याप्रमाणें हीं वलयें बाहेर निघूं लागलीं. थंड होण्याचा क्रम चालू होताच. शेवटीं वलयें आकुंचन पावून थिजलीं व त्यापासून ग्रह निरनिराळ्या ठिकाणीं तयार झाले. या कल्पनेप्रमाणें आरंभीं प्लुटो व अगदीं शेवटीं बुध तयार झाला असला पाहिजे. ग्रहांपासून उपग्रहहि असेच निर्माण झाले असावेत.

हीच कल्पना लाप्लास या फ्रेंच शास्त्रज्ञानें जास्त जोरानें पुढें मांडली. (१७९६) लाप्लासनें या आपल्या कल्पनेचा गणिती पाठपुरावा कोठेंहि केला नसून ती त्यानें केवळ सामान्य वाचकासाठीं लिहिलेल्या एका 'सुबोध' ज्योतिर्ग्रंथांत प्रथम मांडली; तरी देखील त्याच्या गणिती परिकल्पनांनीं घेतली नाहीं, एवढी मोठी भक्कम पकड या कल्पनेनें घेतली. ती केवळ सामान्य वाचकांच्याच नव्हे तर गणित ज्योतिष, भौमिक शास्त्र, जैवशास्त्र, तत्त्वज्ञान, धर्मशास्त्र इत्यादि विविध क्षेत्रांतील चांगल्या विचारवंतांच्या मनाची देखील ठरली. म्हणूनच या कल्पनेला कांट-लाप्लासची वलयकल्पना असें समजतात. ही 'लाप्लासची तेजोमेघ कल्पना' अशीहि ओळखली जाते.

ही वलयकल्पना बफॉनच्या आघातकल्पनेपेक्षां जास्त समाधानकारक आणि सूचक असली तरी तिच्या मार्गांत कांहीं अडचणी निर्माण झाल्या. लाप्लासनें कल्पना मांडल्यावर सुमारें ६० वर्षांनीं मॅक्सवेल या इंग्रजी विज्ञानतज्ञानें गणितानें असें दाखविलें कीं, सर्व ग्रहांची वस्तु एकत्र केल्यावर असें आढळून येतें कीं, हा वस्तुसंचय वलयकल्पनेप्रमाणें सूर्यकुल तयार होण्यास अपुरा आहे; तसेच या अपुऱ्या वस्तुसंचयानें वलयें तयार

होण्यास पाहिजे तितकें गुरुत्वाकर्षण मिळणें शक्य नाहीं. त्यासाठीं १०० पट अधिक एकंदर वस्तुमान पाहिजे व त्यांतील बहुतेक सूर्यांतच संग्रहित होईल व सुमारें शेंकडा एक इतकेंच इतर ग्रहांत वाटलें जाईल.

शिवाय हीं जीं वलयें मागें राहतात तीं तशीं बनतातच असें मानण्यासही समाधानकारक पुरावा नाहीं. तसेंच ग्रहच होतील कशावरून? असंख्य कणांचे शनीच्या वलयाप्रमाणें एकादें अभंग अगर संघ स्वरूपात तीं वलयें का राहूं नयेत? वलये राहिलीं अशी कल्पना केली तरी पुरेशा गुरुत्वाकर्षणाच्या अभावानें त्यांतील वायुमय पदार्थ अंतराळांतून दूर पसरून नाहींसा होईल. घन ग्रह बनतीलच असें नाहीं. धूमकेतूंच्या अस्तित्वाचें व त्याच्यापैकीं पुष्कळांच्या वस्तुतः असणाऱ्या व्यत्यास गतींचेदेखील समाधान करतां येणार नाहीं, मग कांहीं ग्रहाचे उपग्रह उलट दिशेनें आपआपल्या ग्रहांभोंवतीं परिभ्रमण करतात त्यांची गोष्ट तर बोलावयासच नको. मंगळाच्या एक उपग्रहाचीही या उपपत्तीला अडचण उत्पन्न होते. तो आपल्या ग्रहाभोंवतीं मंगळाच्या वलन कालापेक्षाही कमी कालांत म्हणजे जास्त वेगात फिरतो तो तसा का फिरावा याचें समर्पक कारण या कल्पनेंत मिळत नाहीं.

वरील अडचणी वलयकल्पनेला कमीपणा आणणाऱ्या होत्या तरीसुद्धां पुढें बरींच वर्षें हीच कल्पना मूळ धरून होती. पुढें नवीन वेध व ग्रहगतींचा अभ्यास यामुळें वलयकल्पनेस आणखी एक अडचण उत्पन्न झाली. मॅक्सवेलनें म्हटल्याप्रमाणें जर बहुतेक द्रव्य सूर्यसंचयांत खर्च होणार असेल, तर त्यामुळें सूर्याची आपल्याभोंवतींची परिवलन गति आतां त्याच्या ५००० पट अधिक असावयास पाहिजे. हल्लीं सूर्य साधारणतः ४ आठवड्यांत १ फेरी पुरी करतो. त्यानें या दृष्टीनें एका तासांत सात फेऱ्या करावयास पाहिजे होत्या. थोडक्यांत गणिती भाषेंत सांगावयाचें म्हणजे

ग्रहांत गणितागत परिवलनचयापेक्षां सध्या कितीतरी पट परिवलनचय सांठविलेला आहे. जवळ जवळ शेंकडा ९८ भाग ग्रहांतच आहे व बाकीचा भाग सूर्यांत आहे व ही गोष्ट या कल्पनेंत सामावत नाहीं; व म्हणून ही समाधानकारक नाहीं असें ठरलें. कुलाबाहेरून झालेल्या एकाद्या परिणामामुळेंच सध्याच्या गोष्टींचा उलगडा होणें शक्य आहे असें वाटून पुनः एकदा बफॉनसारखी आघाताची कल्पना विवेचनाचे दृष्टीनें लागू पडेल म्हणून शास्त्रज्ञांनीं तिच्याकडे धांव घेतली.

बिकरटनचें तारकाघर्षणः—इ. स. १८७८ पूर्वीच न्यूझीलंडच्या बिकरटन नावाच्या शास्त्रज्ञानें या आघात कल्पनेला थोडें निराळें स्वरूप दिलें होतें. आपल्या तारकाविश्वांत असणारे कोट्यावधि तारे हे सारखे प्रवास करीत आहेत. त्यामुळें त्यापैकीं दोन तारे अगदीं जवळ येण्याची शक्यता आहेच व ते तसे आले असतां त्यांच्या गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम एकमेकांवर होणें साहजिकच आहे. बिकरटन हा एकदां एखादेवेळीं आकाशात दिसूं लागणाऱ्या नवतारकांचें संशोधन करीत होता. दोन विझलेल्या तारकांच्या अगदीं घसटून जाणाऱ्या संघर्षानें हे तारे दिसूं लागतात असें त्याचें मत होतें. हेंच त्यानें सूर्यकुलाच्या उत्पत्तीलाही लागू केलें. दुर्दैवानें ह्या कल्पनेला योग्य ती प्रसिद्धि न मिळाल्यानें तिचा विचार होण्याइतकी ती पुढें आली नाहीं व चेंबरलिन व मोल्टन यांनीं मांडलेल्या कल्पनेच्या दृष्टीनें ती उपेक्षिली गेली.

चेंबरलिन व मोल्टन यांचा भरतीवादः—(१९००) हसिच ग्रहोत्पत्तिकल्पना असें दुसरें नांव आहे. या कल्पनेंत दोन तारे कित्येक लक्ष वर्षांपूर्वी एकमेकांजवळ येऊन त्यांच्या वस्तूमध्यें त्यामुळें भरती आली असा निष्कर्ष आहे. आताप्रमाणेंच त्यावेळींही सूर्य वायुमयस्थितींत असून त्याच्या वरच्या थरांत वादळेंही होत होतीं. भरतीमुळें उत्पन्न झालेल्या

व्यावर्तक प्रेरणामुळें कांहीं द्रव्य सूर्यापासून ताऱ्याच्या गतीच्या दिशेनें ओढलें जाऊन त्याचें सूर्याभोंवतीं एक चक्राकार वाढतें त्रुटित वलय बनलें. या बाहेर फेकलेल्या द्रव्यांतूनच पुढें ग्रहोपग्रहांची उत्पत्ति झाली असावी. अर्थात् हा तारा सूर्याच्या अगदीं जवळ आला असला तरच ही गोष्ट संभवते असें गणितानें सिद्ध करतां येतें. परंतु वायुमय स्थितींत सूर्याच्या स्फोटकारक वादळांच्या अस्तित्वानें या अडचणीचा थोडासा परिहार होऊं शकतो. या दुसऱ्या ताऱ्यांतील वस्तूच्या अवशेषानें व्यत्यास गतीचाही थोडा उलगडा करतात. हा पाहुणा निघून गेल्यावर निघालेली वस्तु थंड होत जाऊन तींत निरनिराळ्या अंतरावर लहान मोठे घन गोल बनले असावेत. तेच ग्रह होत. आजूबाजूच्या छोट्या गोलांना मोठ्या गोलांनीं आकर्षणानें ओढून घेतल्यानें ते उपग्रह बनले असावेत. अर्थात् लघुग्रह हे तितकासा गुरुत्वाकर्षणाचा परिणाम घडवून आणणारे गोल आसपास नसल्यानें तसेच त्रुटित राहिले; व उल्का म्हणजे यांतीलच विखुरलेल्या द्रव्याचा अवशेष आहे असें म्हणतां येईल.

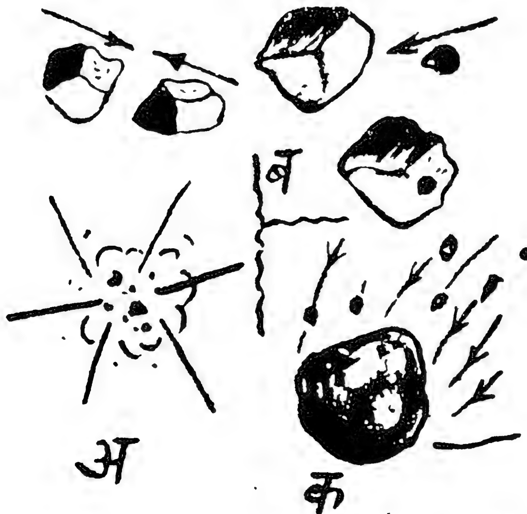
जीन्सची परिकल्पनाः—(१९१६) जीन्सनें चेंबरलिन व मोल्टन यांचीच कल्पना थोडया फरकानें मांडली. या कल्पनेंतही एक मोठा तारा जवळ येऊन ग्रह तयार झाले असें आहे. मात्र सूर्यावरील वादळांचें अस्तित्व मानलेंच पाहिजे असें नाहीं. नुसत्या उत्पन्न होणाऱ्या भरतीचें कारण पुरेसें आहे. आरंभीं सूर्याचें बिंब विरळ पण बऱ्याच अंतरापर्यंत प्रसृत होतें असें त्याचें मत होतें; परंतु पुढें जेफ्रिस या शास्त्रज्ञानें मांडलेल्या विचारप्रणालीचा परिणाम होऊन सध्यां असलेल्या आकारापेक्षां जरा मोठा इतकाच त्याचा विस्तार होता असा त्यानें आपल्या कल्पनेंत बदल केला.

सरासरी एक अब्ज वर्षांपूर्वी एक तारा व आपला सूर्य हे भ्रमण करीत असतां जवळून जाऊं लागले. ह्या ताऱ्याच्या गुरुत्वाकर्षणानें सूर्याच्या वायुरूप द्रव्यांत लाटा उत्पन्न झाल्या; त्या कितीतरी मोठ्या असाव्यात. जवळ

असतांना हें आकर्षण पराकोटीला पोंचून ही उत्पन्न झालेली मोठी लाट अगर भरती जोरानें बाहेर पडून, तिला वरवंट्यासारखा अगर लाटण्या-सारखा—मध्यें जाड व बाजूस निमुळता—असा आकार मिळाला असला पाहिजे. हें वायुमय द्रव्य हलकें हलकें स्वतःच्या गुरुत्वाकर्षणानें कांहीं ठिकाणीं केंद्रित होऊन त्याचेच ग्रह बनले असले पाहिजेत. त्यामुळें अगदीं सूर्याजवळ व अगदीं दूरचे ग्रह लवकर घन होऊन मधील भागांतील ग्रह उशीरा घन झाले असले पाहिजेत. या ग्रहांच्या वस्तूंतहि सूर्यापासून निकट अंतरावर असतांना आकर्षणानें भरती येऊन उपग्रह बनले असावेत.

यांत एक गोष्ट गृहीत धरावी लागते ती ही कीं, सूर्यावर भरती आली त्यावेळीं भोंवतीं विरल वायुरूप द्रव्य होतें आणि त्यालाच मूळची चक्राकार गति होती. ती बाहेर पडलेल्या द्रव्यांत शोषली गेली आणि तशीच त्यांत ती राहिली. पण असें गृहीत धरणें म्हणजे केवळ कसेंबसें समाधान करून घेणें होय. आणखी इतरहि पुष्कळसे दोष असून ही कल्पना सत्य सृष्टीच्या वर्णनाला अपुरी असून शास्त्रज्ञांनीं आतां ती निरुपयोगी म्हणून टाकून दिली आहे. यामुळें पुनः सूर्यकुलाच्या उत्पत्तीची मीमांसा होऊं लागली.

लिटलटनचें कार्यः—१९३६ चे सुमारास **लिटलटन** यांनीं निराळीच



आकृति नं. ३९—**लिटलटनची कल्पना**

कल्पना पुढें टाकली. सूर्य हा तारकायुगुलांपैकीं एक असावा व त्याचा जो मित्र तारा त्यांचे फुटून तुकडे होऊन अगर तो विस्कळीत होऊन त्याचे ग्रह बनले असले पाहिजेत. अर्थात् हें फुटण्याचें कारण एखादा बाहेरचा ताराहि असूं शकेल. या कल्पनेला सत्यस्वरूप येण्याकरितां इतक्या निरनिराळ्या गोष्टींची जोड द्यावी लागली कीं, मूळ कल्पनेपेक्षां ती अगदींच निराळी होऊं लागली. उपग्रहांच्या उत्पत्तीचीं कारणेंहि या कल्पनेंत सांपडत नाहींत व त्यामुळें इतर कल्पनाप्रमाणें तीहि अपूर्ण आहे असें ज्योतिर्विद मानतात.

मिलरची सूचना:—१९४२ चे मध्याचे सुमारास **मिलर** या शास्त्रज्ञानें आणखी एक कल्पना मांडली आहे. हींत जीन्सच्या कल्पनेंत सांगितलेल्या एकाकी ताऱ्याऐवजीं एकाद्या तारकापुंजाच्या जवळ येण्यामुळें ही उत्पत्ति झाली असावी असें मानलें आहे. तो पुंज जवळ आला नसून सूर्यच त्या पुंजाजवळ गेला असला पाहिजे व त्यामुळें झालेल्या वादळामुळें फेंकला गेलेला जो भाग तोच प्लुटो ग्रह. जसजसा सूर्य त्या पुंजाजवळ गेला, तसतशा फेंकल्या गेलेल्या द्रव्यामुळें इतर ग्रह क्रमानें तयार झाले असले पाहिजेत. या कल्पनेचा शास्त्रीयदृष्टया व्हावयास पाहिजे तितका अभ्यास अजून झालेला नाहीं. याच सुमारास **पिक** या शास्त्रज्ञानेंही लाप्लासच्या कल्पनेंत कांहीं बदल करून आणखी एक कल्पना मांडलेली आहे.

बानर्जी व त्यांचे सहकारी:—**ए. सी. बानर्जी** यांनीं व त्यांच्या सहकाऱ्यांनीं या संबंधांत बरेंचसें लिखाण प्रसिद्ध केलें आहे. आकाशांत कांहीं तारे असे असतात कीं, ते लहान मोठे होत असून त्यांचें या दृष्टीनें तेजांत सारखें आंदोलन होत असतें; त्यास **तेजोविकारी** (Cephide) **तारे** असें नांव देत असतात. हे तारे त्यांच्या आंदोलनात्मक स्थितींत अत्यंत अस्थिर असतात. परिस्थितींत किंचित् बदल झाला तरी

मूळ वस्तूचे तुकडे अगर स्फोट होण्यास वेळ लागत नाहीं. या दृष्टीनें आपला सूर्य हा हल्लींच्या जवळ जवळ ९ पट मोठा व तो तेजोविकारी असावा; व त्याच्या अस्थिरतेमुळेंच ग्रह व उपग्रह निर्माण झाले असले पाहिजेत असा या कल्पनेचा निष्कर्ष आहे. सूर्यावर डाग असल्याचें प्रसिद्ध आहेच. त्यांचा पर्यायकाल ११ वर्षांचा आहे. या कालमर्यादेंत सूर्यावरच नव्हे, तर पृथ्वीवर देखील कांहीं परिणाम घडून येतात. यावरून सूर्य हा तेजोविकारी ताराच आहे असें मानण्यास जागा आहे; व त्याचा पर्ययकाल ११ वर्षांचा असला पाहिजे. इतर ताऱ्यांचे मानानें हा काल बराच जास्त आहे यांत संशय नाहीं व त्यामुळें क्रमानें त्याचें हें स्वरूप नष्ट होऊन तो स्थिर स्वरूपाला येऊं लागेल असेंहि अनुमान करतां येण्याजोगें आहे. या कल्पनेचा प्रसार होऊन त्याकडे अजून जगाचें लक्ष वेधलें गेलें नाहीं ही दुर्दैवाची गोष्ट आहे. या कल्पनेंत मोघे यांनीं थोडासा बदलहि सुचविलेला प्रसिद्ध झाला आहे.

ह्या साऱ्या आघाताच्या अगर भरती वा घर्षणाच्या कल्पनांत आघातादि गोष्ट घडली असली पाहिजे हें मानावें लागतें, परंतु असले आघातादिक होण्याचा संभव अत्यंत सूक्ष्म असला पाहिजे असें गणितानें सिद्ध करतां येतें. आधींच ताऱ्यांची एकमेकांपासूनचीं अंतरें अवाढव्य व त्या मानानें त्यांचे आकार अगदींच क्षुल्लक, त्यामुळें असले ग्रहादिक एखाद्या ताऱ्या-भोंवतीं उत्पन्न होणें हें तर जवळ जवळ अशक्यच व झालेंच तर कित्येक अब्ज ताऱ्यांतून एकाद्या ताऱ्यांत होतील एवढीच शक्यता व ती आपल्या सूर्याला लाधली हें आपलें महद्भाग्य आहे असें वाटलें तर नवल नाहीं.

वाइझ्सेकरः—अलीकडे १९४३ चे सुमारास **वाइझ्सेकर** या तरुण जर्मन वास्तव शास्त्रज्ञानें, नवीन घेतलेल्या वेधांचा व संशोधनाचा आधार घेऊन असें दाखविलें आहे कीं, कांट लाप्लासची वलयकल्पनाच थोड्याशा

फरकानें जास्त परिणामकारी होईल. तीमुळें नवीन माहितीच्या आधारें, सुसूत्र व दोषरहित अशी सूर्यकुलाची जन्मकथा सांगतां येऊन आणखीहि बारीकसारीक गोष्टींचा उलगडा करतां येईल.

वाइझ्झेकरच्या कल्पनेचें मूळ गेल्या २५।३० वर्षांत खगोलशास्त्रांत जें नवीन संशोधन झालें त्यांत आहे. आजपर्यंत असें गृहीत धरलें जात होतें कीं, सूर्य व इतर तारे यांच्या वस्तूमधील रासायनिक द्रव्यांचें प्रमाण त्यांच्या पृथ्वीवरील प्रमाणाइतकेंच आहे. भूस्तरशास्त्रज्ञ असें सांगतात कीं, पृथ्वीची वस्तु प्रामुख्यानें प्राणवायु, सिलिकॉन, लोह आणि इतर उच्च भार द्रव्यांपासून झाली आहे. हैड्रोजन, हेलियम यांसारखे हलके वायु अगदीं थोड्या प्रमाणांत आहेत. अशीच परिस्थिति सूर्यांवर आहे, असें मानणें हें चूक आहे असें स्ट्राम्ग्रेन या डॅनिश शास्त्रज्ञानें दाखवून दिलें. त्यानें केलेल्या अभ्यासावरून सूर्याच्या द्रव्यांत शेंकडा ५० इतका तर नुसता हैड्रोजन आहे आणि उरलेल्या ५० टक्क्यांत बरेंच मोठें प्रमाण हेलिअमचें आहे. हीच गोष्ट स्वार्झचाइल्ड या शास्त्रज्ञानें सूर्याच्या अंतरंगासंबंधींच्या संशोधनांत स्पष्ट करून दाखविली आणि उपलब्ध पुराव्यावरून आतां असें निश्चित म्हणतां येतें कीं, ज्या रासायनिक द्रव्यांमुळें पृथ्वीसारखें ग्रह निर्माण झाले तो द्रव्यभाग सूर्याच्या एक शतांश आहे व उरलेला ९९ टक्के भाग हैड्रोजन व हेलिअम यांनीं युक्त आहे. हीच गोष्ट इतरही ताऱ्यांचे बाबतींत दिसून येते.

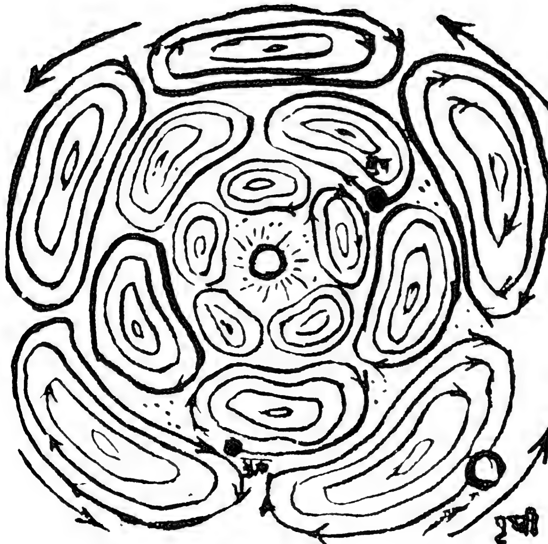
दूरच्या ताऱ्यांपासून आपणांकडे प्रकाश येण्यास कित्येक हजार प्रकाशवर्षांचा कालावधि लागतो. तसेंच या प्रकाशकिरणांस अंतराळांत विखुरलेल्या द्रव्यकणांच्या धुळींतून मार्ग काढावयाचा असतो. त्यामुळें प्रकाशांतील कांहीं लहरी शोषिल्या जातात तर कांहींची प्रखरता कमी होते. या प्रकाशांच्या वर्णपटाच्या अभ्यासांत जे रेखात्मक वर्णलेख मिळतात त्यांच्या प्रखरतेचा व स्थानांचा तुलनात्मक अभ्यास करून अलीकडे असें सिद्ध

झालें आहे कीं, अंतरिक्ष ह्मणजे नुसती पोकळी नसून त्यांत अतिसूक्ष्म असे द्रव्यकण विरलावस्थेंत पसरलेले आहेत; त्यांतसुद्धां वरीलप्रमाणेंच हैड्रोजन हेलियमचें प्रमाण जास्त आहे. ही नवीन माहिती कांट लाप्लासच्या वलयकल्पनेच्या पूर्णतेसाठीं जी प्रथम परिस्थिति आवश्यक आहे तिचा पाठपुरावा करते. अशा तऱ्हेच्या द्रव्यापासूनच उच्च थरांचे कण एकत्र येऊन ग्रह निर्माण होणें शक्य आहे. जे थिजणें शक्य नाहीं असे हलके वायु कांहीं कारणानें या ग्रहांच्या द्रव्यापासून दूर फेंकले गेले. हे सूर्यांत तरी सांठविले गेले पाहिजेत, नाहींतर इतस्ततः विखुरले गेले पाहिजेत. यापैकीं पहिला पर्याय शक्य दिसत नाहीं, कारण त्यामुळें सूर्यांतील वस्तु जास्त झाली असती आणि त्याची वलनगति आतांच्या कितीतरी पट अधिक झाली असती. ही गोष्ट मॅक्सवेलनें दर्शविल्याबद्दल मागेंच उल्लेख आला आहे व म्हणून दुसरा पर्याय म्हणजे ते वायु अंतरिक्षांत विखुरले गेले असावेत हाच योग्य दिसतो. यावरून सूर्यमालेच्या जन्माचें चित्र वाइझेकरनें खालीं दिल्याप्रमाणें रेखाटलें आहे.

आपला सूर्य प्रथम लाप्लासच्या कल्पनेप्रमाणें खगोलीय द्रव्य थंड होऊन तयार होऊं लागला. प्रारंभीं अत्यंत मोठा म्हणजे सर्व द्रव्यसंघाच्या बेरजेच्या शंभरपट असा तो द्रव्यमेघ झाला. तो या हलक्या व सहज न थिजणाऱ्या वायुकणांनीं व्यापला होता. यांतच बाकीचे उच्च भारद्रव्यांचे कण तरंगत होते, व इतस्ततः फिरविले जात होते. या हालचाली अत्यंत अनियमित अशा असल्यामुळें या द्रव्यकणांच्या टकरा होणें स्वाभाविक आहे. या टकरांमुळेंच कांहीं द्रव्यकण एकत्रित येऊन त्यामुळें मोठमोठे द्रव्यभाग निरनिराळ्या ठिकाणीं तयार झाले आणि हे द्रव्यभाग म्हणजेच आपले ग्रह होत. असे द्रव्यभाग बनणें स्वाभाविक कसें आहे हें सहज समजेल.

प्रथम एक गोष्ट लक्षांत घेतली पाहिजे कीं हे कण अगर खडे वेगानें प्रवास करीत होते. समान आकारांचे खडे एकमेकांवर वेगानें आदळले

तर दोघांचे बारीक तुकडे होतील, पण एखाद्या मोठ्या खड्यावर बारीक खडा आदळा तर तो त्यांत रुतून बसेल व मोठ्या खड्याचा आकार व द्रव्य वाढून तो मोठाच बनेल. अशा रीतीनें एकंदरींत परिणाम हळूहळू बारीक खडे नाहींसे होण्यांत व मोठे खडे बनण्यांत झाला. असे हे बनलेले गोल जलद तयार होण्यास दुसरेंहि एक कारण होतें व तें म्हणजे गुरुत्वाकर्षण. गोल मोठा होत गेला कीं, त्याचें गुरुत्वाकर्षण वाढत जाऊन त्याच्या जवळून जाणारे कण, खडे अगर गोल त्याकडेच आकर्षिले जाऊं लागले. वाङ्क्षेकरनें गणितानें असें दाखवून दिलें कीं, असे मोठे गोल तयार होण्यास सुमारें १०० कोटि वर्षांचा कालावधि खास लागला असला पाहिजे. म्हणजे सूर्यकुलाचा जन्म अभ्रिकेच्या प्रारंभस्थितीनंतर १०० कोटि वर्षांनीं झाला असला पाहिजे. हे गोल एकमेकांवर आदळत होते, तोंपर्यंत घर्षणानें मोठे गोल उष्ण राहिले, पण लहान गोल संपुष्टांत आल्यावर तपमान कायम राहणें अशक्य होऊन मोठे गोल तेजोत्सारणामुळें थंड होऊन त्यांचीं कवचें प्रथम बनलीं. अजूनहि ही थंड होण्याची क्रिया चालू असून कवचाचा कठीणपणा वाढत आहे, ही गोष्ट प्रयोगांनीं निश्चित ठरली आहे.



आकृति नं. ३८—जीन्सची परिकल्पना

वाइझेकरच्या व कांट लाप्लासच्या कल्पनांत भेद इतकाच कीं, कांट लाप्लासच्या कल्पनेंत प्रथम सूर्याभोंवतीं वलयें तयार झालीं व तीं थिजून ग्रह तयार झाले. वाइझेकरच्या कल्पनेप्रमाणें सूर्याभोंवतीं वलयें तयार झालीं, पण या वलयांचा मध्यबिंदु म्हणजे सूर्य नव्हे, तर प्रत्येक वलय दुसऱ्यापासून स्वतंत्र असें होतें. त्यांचा आकार लांबट घेवड्याच्या बी-प्रमाणें होता. ज्या धूलिकणांचा वलनकालपर्यय समान होता ते एकत्र आले, व अशा समपर्यय कालवलयांची एक माळच सूर्याभोंवतीं बनली. प्रत्येक माळेच्या स्थैर्यासाठीं त्यांत अशीं पांच वलयें असावीं लागतात. याप्रमाणें एकापुढें एक समपर्यय कालवलयांच्या माला तयार होतात. द्रव्यसंघांत टकरा होत असल्या पाहिजेत असें मागें सांगितलें आहेच. त्या टकरा दोन भिन्न समकालविशिष्ट वलयें एकमेकांस जेथें भिडतात, तेथेंच झाल्या असल्या पाहिजेत व त्याच ठिकाणीं ग्रह तयार होणें शक्य आहे. या कल्पनेप्रमाणें कोणत्याहि ग्रहाची कक्षा-त्रिज्या त्याच्या पूर्वीच्या ग्रहाच्या दुप्पट असते. या कल्पनेनें बोडेनें बसविलेल्या नियमाचें समर्थन साधारणतः सहज होतें. इतर कल्पनांत हें होत नसल्यानें वाइझेकरच्या कल्पनेंत शक्यतेचा जास्त अंश आहे असें कांहीं शास्त्रज्ञ हल्लीं मानतात.

साहजिकच असा प्रश्न उपस्थित होतो कीं, हलक्या व न थिजणाऱ्या वायूंचें प्रमाण जर जास्त होतें तर मग त्यांचें काय झालें ? त्याचें उत्तर हेंच कीं, ते बाजूस विखुरले गेले व तेच अंतराळांत प्रतीत होतात. अशा विखुरण्याला साधारण १०० कोटि वर्षें लागतील या गोष्टीचा उल्लेख वर केलाच आहे.

वाइझेकरच्या कल्पनेपासून असें अनुमान निघतें कीं, अशा तऱ्हेनें कुल तयार होणें ही कांहीं आकस्मिक घटना नसून ती स्वाभाविक आहे. इतर अनेक ताऱ्यांसंबंधानेंहि असेंच म्हणतां येईल. बहुतेक ताऱ्यांस याप्रमाणें

ग्रहकुलें असलीं पाहिजेत. या अनुमानांतच या कल्पनेचें वैशिष्ट्य आहे. कारण आघात ही घटना स्वाभाविक नसून आकस्मिक आहे व ती फारच थोड्या प्रसंगीं घडणें शक्य आहे आणि त्यामुळें ग्रहमाला असणारे तारे फारच थोडे असावेत असें अनुमान करावें लागेल. निष्कर्ष हा कीं, बहुतेक ताऱ्यांस स्वतःची ग्रहमाला असावी व म्हणून आपल्या आकाशगंगेंत हजारों ग्रह सामील असतील. या ग्रहांची वास्तविक परिस्थिति पृथ्वीप्रमाणें असूं शकेलहि व त्यांवर जीवसृष्टि ही जरी पृथ्वीप्रमाणें नसली तरी निर्माण झाली नसेल तरच आश्चर्य !

परिशिष्ट १—परिभाषा-संज्ञावलि.

१ अक्षांश—कोणत्याही स्थळाचें अक्षांश सांगणें म्हणजे त्या स्थळीं उद् ध्रु (म्हणजे जवळ जवळ उत्तर ध्रुवताराच म्हणावयास हरकत नाहीं) क्षितिजाच्यावर (किंवा खालीं) किती आहे तें सांगणें.

वर, उत्तर, + latitude. खालीं, दक्षिण, – latitude. रेखांश किंवा **विषुवांश** सांगणें म्हणजे भौगोलिक मध्यादिनापासून आपला मध्यंदिन किती आधीं किंवा किती मागून होतो हें सांगणें. भौगोलिक मध्यंदिन म्हणजे ग्रीनिचचा मध्यंदिन. उ. पुण्याचे विषुवांश ४ तास ५५ लव पूर्व. एका अंशाला चार लव यावरून पुण्याचें **विषुवांश** (६०°+१३°।।।) ७३°।।.

२ अक्षांशवृत्त—समान अक्षांश असणाऱ्या सर्व स्थळांना सांधणारें वृत्त. Parallel of latitude.

३ अणु—रेणु—अणु : कोणत्याहि मौलाचें रासायनिक एकधेय. रासायनिक विक्रिया अणु-अणुमध्यें होते. Atom, The chemical unit मौल element. रेणुः कोणत्याही पदार्थाचें वास्तवीय एकधेय. चळवळया रेणूंच्या योगानें कोणत्याहि वायवी पदार्थाचें प्रेरण उत्पन्न होतें. रेणुगत शक्तींच्या मध्यम मानावरूनच पदार्थाचें तपमान ठरतें. Molecule ...

४ अतीन्द्र—[इन्द्र=प्रभावी, अत्यंत कार्यकर] सूर्याच्या वर्णावलीमध्यें. एका टोंकाला अरुण तर दुसऱ्या टोंकाला इन्द्र अशी (अरुणादिन्द्रपर्यन्तम्) वर्णांची रांग लागून गेलेली असते. अरुण-ताम्र-नारंग-पीत—पालाश—नभस्य-नील-जांबवेन्द्राः ही दृश्य वर्णावली ध्येय. हिच्यांतील 'इन्द्र' वर्णाच्याही पलीकडे (लघुतर तरंगायामाचें) असणारें जें तेज ते अतीन्द्र होय; तसेंच 'अरुण' वर्णाच्या अलीकडे (महत्तर तरंगायामाचें) असणारें जें तेज तें उपारुण होय.

अतीन्द्र—Ultrav-iolet. उपारुण—Infra-red.

तरंगायाम—wave-length.

५ **अधिक्रमण**— ही संज्ञा बहुधा बुधशुक्रांच्या सूर्यबिंबावरून जाण्याला (अन्वक्षीय जाण्याला) लावतात. गुरूचा एखादा उपग्रह गुरूच्या बिंबावरून जात असतांना त्या त्याच्या जाण्यालाही ही संज्ञा लावतां येईल. Transit.

६ **अन्तर**—ज्योतिष्यकांत अन्तरें दोन प्रकारांनीं सांगण्यांत येतातः-

१ चलितात्मक अंतर linear distance दीर्घ; सरळ रेषेंत तिच्या एका टोंकापासून दुसऱ्या टोंकापर्यंतचें.

२ वलितात्मक अंतर. द्रष्ट्यापासून एक भुज त्या सरळ रेषेच्या एका टोंकापर्यंत काढावा, नंतर हा भुज वळवीत वळवीत त्या सरळ रेषेच्या दुसऱ्या टोकास लागेपर्यंत न्यावा; या एकंदर वलितांचें जें मान तेंच त्या सरळ रेषेच्या टोंकांमधील वलितात्मक अंतर. Angular distance उदाहरणार्थ, चन्द्रबिंबाचा व्यास सुमारें २००० मैल आहे. हा त्याचा चलितात्मक व्यास. पण वलितात्मक चन्द्रबिंब सुमारें अर्धा अंश भरतें. हा त्याचा वलितात्मक व्यास होय.

७ **अन्तर्ग्रह**—ज्यांची कक्षा पृथ्वीच्या कक्षेपेक्षां लहान आहे असे ग्रहः— बुध आणि शुक्र. Inferior planets.

बहिर्ग्रह—ज्यांची कक्षा पृथ्वीच्या कक्षेपेक्षां मोठी आहे असे ग्रहः— मंगल, गुरु, शनि, वासव, वरुण आणि कुबेर.
Superior planets.

८ **अन्तर्युति**—पृथ्वीपासून पाहतां सूर्याच्याच दिशेंत परंतु सूर्याच्या अलीकडे एखादा अन्तर्ग्रह येणें. Inferior conjunction.

बहिर्युति—पृथ्वीपासून पाहतां सूर्याच्याच दिशेंत परंतु सूर्याच्या पलीकडे एखादा अन्तर्ग्रह येणें. superior conjunction.

९ **अपभू**—पृथ्वीपासून दूरांतदूर असलेला चन्द्रकक्षेवरील बिंदु. apogee

उपभू—पृथ्वीपासून जवळांतजवळ असलेला चंद्रकक्षेवरील बिंदु. Perigee.

१० **अपसूर्य**—सूर्यापासून दूरांतदूर असलेला एखाद्या ग्रहाच्या कक्षेतील बिंदु Aphelion.

उपसूर्य—सूर्यापासून जवळांत जवळ असलेला एखाद्या ग्रहाच्या कक्षेतलि बिंदु, Perihelion.

११ **अपेङ्खन**—परांचनवृत्तावरून महाक्षाच्या अग्रानें, सफाईनें सरळ न जातां डोलत डोलत जाणें. Nutation.

१२ **अर्वाणु**—'अर्वातु'-चा अणु Carbon atom;

[आतु हा प्रत्यय मौलवाचक आहे; जसें सामुद्रातु The element sodium.

१३ **अवष्टम्भ**—[अव=खालीं, दाक्षिणतम ठिकाणीं. स्तम्भ=स्तब्धता.] दक्षिणायनाचा शेवट; सूर्यमार्गावरील दाक्षिणतम बिंदु. दक्षिणायनाच्या अन्तींची म्हणजेच उत्तरायणाच्या आरंभींची, सूर्याची स्तब्ध अवस्था. Winter solstice.

विष्टम्भ—उत्तरायणाच्या शेवटींची म्हणजेच दाक्षिणायनाच्या आरंभींची सूर्याची स्तब्धावस्था. उत्तरायणाचा शेवट. सूर्यमार्गातील उत्तरतम बिन्दु. Summer solstice.

संस्तम्भ—अयनान्तींचें सूर्याचें स्तब्ध होणें. अयनान्त. Solstice.

१४ **आक्रमवृत्त**—कोणत्याही खस्थ पदार्थाचा खगोलावरील दैनिक मार्ग. Diurna circlel.

१५ **आप्त**—प्रमाण किंवा आधारभूत म्हणून मानलेला—उ. मान, रेखा इ. Fiducial, standard.

१६ आयानिक वृत्त—[१ अयन=जाणें. विशेषतःसूर्याचें अन्वक्षीय जाणें.

२ जाण्याचा—मार्ग—विशेषतः सूर्याचा नक्षत्रचक्रांतून जाण्याचा अन्वक्षीय मार्ग.

३ आपल्या मार्गाच्या दक्षिण टोंकापासून उत्तर टोंकापर्यंत किंवा उलट उत्तर टोंकापासून दक्षिण टोंकापर्यंत जाण्यास सूर्याला लागणारा कालावधि.]

सूर्याचा नक्षत्रचक्रांतून जाण्याचा अन्वक्षीय मार्ग. Ecliptic.

१७ इनापगम—[इन=सूर्य. अपगम=पासून दूर जाणें.] बुधशुक्रासारख्या एकाद्या ग्रहाचें सूर्यदिशेपासूनचें वलितात्मक अंतर.

[एखाद्या उपग्रहाचें तद्ग्रहदिशेपासूनचें वलितात्मक अन्तर=ग्रहापगम] अपगम. Elongation, angular distance.

परम इनापगम=सूर्यदिशेपासून जास्तींत जास्त वलितात्मक अंतर. Maximum elongation from the sun.

१८ उद्द्योत—उत्तर ध्रुवाकडील एक विशिष्ट प्रकारचा वैजिकप्राकाशिक अविष्कार. Aurora borealis.

दक्षिण ध्रुवाकडील असल्यास 'दद्योत' Aurora australis.

१९ उन्मध्य प्रेरक—फिरणाऱ्या पदार्थाला किंवा रेणूला मध्यापासून दूर फेकूं पाहणारा प्रेरक. Centrifugal force

पदार्थाला वृत्तगतींत ठेवण्यासाठीं मध्याभिमुख प्रेरकाची आवश्यकता असते.

अभिमध्य प्रेरक Centripetal force.

उन्मध्य प्रेरक हा अभिमध्य प्रेरकाचा प्रातियोगी असतो.

२० उपभू—अपभू पहा.

२१ उपसूर्य—अपसूर्य पहा.

२२ उपारुण—अतीन्द्र, ताम्रोपसर्प पहा.

२३ उपेन्द्र—अतीन्द्र, नीलोपसर्प पहा.

२४ कदम्ब—आयनिक वृत्ताचा विष्कम्भ. याचें अग्र **मेरु**. महाक्ष कदंबाभोंवतीं २३॥ अंशांचा कोन करून फिरत असतो; हेंच त्याचें पर्यञ्चन शाश्वत-बिंदु मेरूभोंवतीं पर्यञ्चन करतो. **भोगमान** आयनिक वृत्तावर मोजलें जात असून **शारमान** मेरुद्देशानें मोजलें जातें. **वैषुवांश** वैषुविक वृत्तावर मोजलें जात असून **क्रांति** शाश्वतोद्देशानें मोजली जाते.

मेरु—Pole of the ecliplic आयनिक वृत्ताचें विकूट.

शार—Celestial latitude. क्रा–क्रान्ति Declination.

भोगमान– Celestial Longitude. वै वैषुवांश Right ascension

२५ कर्षुक—लोहचुंबक magnet कर्षुकीय magnetic.

२६ क्रांति–खस्थ पदार्थाची वैषुविक वृत्ताला अनुलक्षून निबंधनें दोन:

१ **वैषुवांश; वै**—वसंपातापासून वैषुविक वृत्ताला धरून पूर्वेकडच्या बाजूनें वैषुवांश मोजतात. Right ascension.

२ **क्रांति**–क्रा—वैषुविक वृत्तापासून शाश्वताभिमुख मोजतात. उत्तर क्रान्ति धन; दक्षिण क्रांति ऋण. Declination.

२७ **क्रांतिवृत्त**—=समक्रांतिवृत्त. समान क्रांति असणारे सर्व बिंदु जोडणारें वृत्त.

वैषुविक वृत्त=**वैमण्डल**. [विषुवापासून झालेलें=वैषुव] भूगोलावरील विषुववृत्त त्याच पातळींत खूपच खूप बाहेर वाढवीत नेल्यास तें जेथें भूगोलास छेदील तें वृत्त. Celestial equator.

विसंज्ञा	प्रसंज्ञा
क्रांतिवृत्त	आयनिकवृत्त
खस्वास्तिक	शेखर बिन्दु
गतिचय	वग

२८ ग्रहण—सूर्यग्रहण—चन्द्र आड आल्यामुळे सूर्यदर्शन अंशतः वा पूर्णपणें न होऊं शकणें. Solar eclipse.

चन्द्रग्रहण—चन्द्र पृथ्वीच्या छायाशंकूमध्यें शिरल्यामुळें त्यावर काळिमा येणें. Lunar eclipse.

खण्डग्रहण—Partial eclipse **खग्रासग्रहण** Total eclipse.

कंकणग्रहण—Annular (solar) eclipse. कंकणाकृति सूर्य उघडा राहून मधोमध झालेलें ग्रहण.

ग्रहाच्या छायेंत उपग्रहानें शिरणें यालासुद्धां ग्रहण शब्द लावतात.

पिधान—चंद्रानें एखादी तारका झांकणें.

एखाद्या ग्रहानें आपला उपग्रह झांकणें. Occultation.

अधिक्रमण–Transit.

२९ घनता—१ व्यासकागणिक (उदा. घनइंचागणिक) असणारी वस्तुता किंवा वजन Density.

२ सापेक्ष घनता–विशेषतः जलसापेक्ष किंवा पृथ्वीसापेक्ष. Specific gravity.

३० चंपात—ज्या दोन ठिकाणीं चन्द्रकक्षेची आयनिक वृत्ताशीं गांठ पडते ते दोन बिंदु. Lunar nodes.

राहु—ज्या चंपातांतून जाणारा चन्द्र आपल्या कक्षेच्या उत्तरार्धांत प्रवेश करतो तो चंपात. Ascending lunar node.

केतु—ज्या चंपातांतून जाणारा चन्द्र आपल्या कक्षेच्या दक्षिणार्धांत प्रवेश करतो तो चंपात. Descending lunar node.

पात-बिन्दु—सामान्यतः दोन कक्षांचा छेदन बिंदु. Node.

विसंज्ञा	प्रसंज्ञा
चलत्रिज्या	बाहुका
चांद्रमास	मास

३१ ज्योतिर्वास्तव—ज्योतिष्यकाच्या ज्या भागांत वास्तवशास्त्राचाच प्राधान्येंकरून उपयोग करीत असतात तो भाग. Astrophysics.

३२ ज्योतिष्यक—खस्थ पदार्थांचें ज्ञान देणारें शास्त्र. Astronomy.

३३ तपमान—तप्तता, तापलेपणाचें मान. Temperature.

तपमान-श्रेणी दोन प्रकारच्या उपयोगांत आहेत--१ शतक्रमी Centigrade, २ ज्वरक्रमी- F. scale.

उष्णता—१ ईदृक्ता-दृष्टीनें, उष्णता-प्रकाश-वीज यांपैकीं एक विशिष्ट स्पर्शग्राह्य शक्ति किंवा तेज Heat, a form of energy.

२ इयत्ता दृष्टीनें जिचीं एकधेयें ओषक (calorie), ओष (lb-calorie). प्रोष (lb.F. unit) इत्यादि आहेत ती. Quantity of heat.

१ ग्रामपाणी १ श चढण्यास लागणारी उष्णता = १ ओषक = क

१००० ग्रामपाणी १श चढण्यास लागणारी उष्णता=१ ओष = १०००क

१ पौंड पाणी १ज्व. चढण्यास लागणारी उष्णता=१ प्रोष = २५० क

द्विधातवीय तपमापक—दोन वेगवेगळया धातूंचा सांधा करून बनविलेलें विशिष्ट प्रकारचें तपमापक. Bimetallic thermometer.

तपांबर, **चलंतप,** तपंचल Troposphere **तपंपात**—तपस्ताब्धि Tropopause. स्थिरतंतप, Stratosphere, तपारोह.

३४ तरंग—[तरन् गच्छति तरंगः—ज्याच्या द्वारें शक्तिसंक्रमण दूरदूरवरपर्यंत सहज घडतें] पुनःपुनः आवृत्ति पावणारा अवस्थांचा एक संच संपला म्हणजे एक तरंग झाला. एकदम तरंग-संक्रमणाच्या रेषेंत पाहतां निरनिराळया अवस्थांचा एक पूर्ण संच जेवढ्या अंतरावर पसरलेला असतो तेवढें अंतर म्हणजे एक तरंगायाम होतो. Wave.

तरंगायाम = लाटलांबी. Wavelength.

लहर = A spurt of wave activity.

तरंग संक्रमण होत असतांना संक्रमणाच्या अनुरोधानें पाहतां तचि तीच अवस्था पुनः पुनः येत राहते. सदृश अशा दोन नजिकच्या अवस्थांमधील अंतर=तरंगायाम. पर्यय=अवस्थांचा एक पूर्ण संच. A complete cycle. क्षिप्रता = पर्यय पूर्ण करण्याचा झपाटा. क्षिप्रता अर्थात् विलवागणिक होणाऱ्या पर्यय-संख्येनें मोजली जाते. एकाच विलवांत जितके अधिक पर्यय बसतील तितकी क्षिप्रता जास्त. Frequency.

तरंगवेग = क्षिप्रता × तरंगायाम. Wave-velocity.

तरंगस्य हि वेगः स्यात् आयामः क्षिप्रतागुणः ।

३५ तेज—[वसति अवकाशं व्याप्नोति, भारवच्च भवति इति वस्तु. वस्तुतेज हें द्वन्द्व. एक दुसऱ्याशीं नेहमीं संलग्न, किंबहुना एकाचें परिभावन होऊन दुसरें मिळतें. तीं विचाराच्या सोयीकरितां वेगळीं कल्पावयाचीं. तेजाचाच अपरपर्याय शक्ति; तेज सूक्ष्मरूप आणि शक्ति बहुधा स्थूलरूपांत काल्पिलेली, एवढाच थोडा फरक.] वस्तु matter नपुंसकलिंगी, तेज energy (सूक्ष्म). शक्ति energy esp. mechanical स्थूल.

तेजसंक्रमणाच्या तीन रीति—संसर्प conduction, अपोह convection. लसण वा प्रारण radiation.

[प्रारण–ऋ→अर→अरयति प्र+अरण अ० प्र+आरण]

३६ दलांबर—अणूमधून किंवा रेणूमधून एखादा वीजक बाहेर पडला म्हणजे त्याचीं दोन **दलें** होतात, एक धन आणि एक ऋण. वीजक हा विजेचा ऋण—अल्पक असल्यामुळें वीजक हेंच ऋणदल. दलें बनणें किंवा बनविणें या क्रियेला **विलदन** (अ. द्विदलन) म्हणतात. अंबर = आवरण. दलांबर=दलावरण, दल Ion वीजक electron विदलन ionization दलावरण, दलाम्बर ionosphere.

३७ दिन, दिनमान—सूर्याचें क्षितिजाच्यावर असणें, त्याचा क्षितिजावर असण्याचा कालावधि. Day-light period.
दिनरात्रि हें द्वन्द्व.

दिनं दिनेशस्य हि दर्शने सति; रात्रिस्तमोहन्तुरदर्शने सति ।

३८ दिवस—सूर्य एकदां मध्यमण्डलावर आल्यापासून पुनः तो मध्यमण्डलावर येईपर्यंतचा जो काल तो **सौर दिवस**, Solar day. कोणतेंही एखादें नक्षत्र सूर्येतर (तारा) एकदां मध्यमण्डलावर आल्यापासून तो पुनः मध्यमण्डलावर येईपर्यंतचा जो काल तो **नाक्षत्र दिवस.** Sidereal day.

३९ दोलना—Libration.

४० द्रव्य—रासायनिक द्रव्य Chemical substance. **वस्तु.** नपुं. matter. **पदार्थ** एखाद्या वस्तूचा परिच्छिन्न अंश, A body.
माल Material for construction. द्रविण, पैसा Money.

४१ धावत्परिणाम—Doppler effect.

१ श्रोत्याकडे वेगानें धावत येणारा सूर अधिक चढा लागतो—त्याची क्षिप्रता वाढून मिळते.
२ श्रोत्यापासून दूर वेगानें धावत जाणारा सूर पडा लागतो—त्याची क्षिप्रता उतरून मिळते.
३ द्रष्ट्याकडे वेगानें धावत येणाऱ्या प्रकाशाचा वर्ण चढा भासतो-त्याची क्षिप्रता वाढून मिळते.
४ द्रष्ट्यापासून वेगानें दूर धावत जाणाऱ्या प्रकाशाचा वर्ण पडा भासतो—त्याची क्षिप्रता उतरून मिळते.

वर दिलेला अंक ४ हा आविष्कार ताम्रोपसर्प-Red shift—Doppler effect.

वर दिलेला अंक ३ हा आविष्कार नीलोपसर्प Displacement towards violet—Doppler effect.

[ताम्रोपसर्प संकृष्टिजन्यसुद्धां असतो Gravitational red shift.]

४२ परांचन— ['प्र=पुढें' याच्या उलट परा=मागें. परि=भोंवतालीं. अंचन=जाणें.] वैषुविक वृत्त आयनिक वृत्ताला जेथें छेदितें तो संपात बिंदु आयनिक वृत्तावर मागें मागें म्हणजे पश्चिमेकडे (प्रतिलोम) सरकतो (संपातचलन). यालाच परांचन ही संज्ञा. परांचनाचें कारण वैषुविक वृत्ताचें चळणें; त्याचें पुनः कारण महाक्षाचें चळणें—मेरूभोंवतीं शाश्वत बिंदूचें फिरणें किंवा महाक्षाचें कदंबाभोंवतीं २३॥ अंशांचा कोन ठेवून शंक्वाकृति फिरणें=पर्यंचन. परांचन–पर्यंचन यांना सामान्य संज्ञा Procession. मागें 'अपेंगन' पाहा.

४३ पराशर—१ दिग्भेद; पाहणाऱ्याचें स्थान भिन्न झाल्याबरोबर केवळ तेवढ्यामुळें तोच पदार्थ पहिल्यापेक्षां भिन्न दिशेंत दिसतो. हा आविष्कार (क) दूरच्या कांहीं विशिष्ट खुणा हेरून तदनुरोधानें अलीकडच्या पदार्थासंबंधींचा हा दिग्भेद ओळखला जातो. किंवा तोच (च) पाहणाऱ्यानें जी आधारभूत रेषा घेतली असेल तिच्या अनुरोधानें ओळखला जातो. या आधारभूत रेषेच्या दोन्ही टोकांना दोन नेत्र आहेत अशी कल्पना; या दृष्टीनें नेत्ररेषा तीच आधारभूत रेषा होत्ये. Parallax.

२ चन्द्राचा **पराशय** किंवा सूर्याचा **पराशय** हे सांगतांना एक त्रिभुज कल्पावा; त्यांतील एक भुज म्हणजेच पृथ्वीचें चन्द्राच्या किंवा सूर्याच्या संमुख असलेलें व्यासार्ध; असें धरून त्याचीं दोन टोकें चन्द्राच्या किंवा सूर्याच्या मध्याला जोडिलीं म्हणजे दुसरे दोन भुज मिळतात. या दोन भुजांमधील जे वलितांश, चंद्रमध्यस्थ किंवा सूर्यमध्यस्थ, त्यांना अनुक्रमें चांद्र–पराशय आणि सौर–पराशय म्हणावयाचें. Lunar Parallax, Solar Parallax.

३ एखाद्या **ताऱ्याचा पराशय** सांगतांना त्या ताऱ्यापासून निघणारे जे दोन भुज त्यांचीं टोकें, **एक** सूर्यमध्यांत आणि दुसरें तिथून सुमारें ९३ प्रयुत मैलांवर (भूकक्षेवर), अशीं असल्यामुळें ते दोन भुज पृथ्वीच्या कक्षाधाला कवळितात (कवटाळतात). असें म्हणावयास पाहिजे. तारा-पराशय सांगतांना या दोन भुजांमधील वालितांश सांगतात. Stellar Parallax.

चांद्र किंवा सौर पराशय सांगतांना **भूगोलार्ध** कवळिलें जातें; ताऱ्याचा पराशय सांगतांना **भूकक्षार्ध** कवळिलें जातें; सर्व ठिकाणीं कथळ-णारे दोन भुज चन्द्रमध्यापासून, सूर्यमध्यापासून किंवा ताऱ्यापासून निघतात या गोष्टी लक्षांत ठेवावयाच्या.

वर दिलेल्या lunar parallax याच्या ऐवजीं equatorial horizontal किंवा diurnal parallax अशाही संज्ञा इंग्रजींत केव्हां केव्हां येतात; आणि solar·parallax याच्या ऐवजीं annual parallax अशी संज्ञा केव्हां केव्हां येते.

४४ परिक्रम—केन्द्रस्थानापासून पाहिलेलें प्रत्यक्ष सूर्य (किंवा मध्यम सूर्य अथवा ग्रह) आणि विवृत्तकक्षेवरील नेदिष्ठ बिन्दु (उपभू) या दोहों-मधील वलितात्मक अंतर—Anomaly.

४५ परिक्षेपण—[= सर्वतः भोंवतालीं. क्षेपण = फेकणें; तेजाचें प्रारण] वैजिक कर्षुकीय तेज संवहद्वारा तरंगरूपानें जिकडेतिकडे पसरतें.

संवह—वैजिक-कर्षुकीय तरंगाचें मानीव वाहन, aether. उष्णता, प्रकाश इत्यादि पुष्कळ प्रकारचीं कमीअधिक लाटलांबीचीं (तरंगायामाचीं) संवहद्वारा संचरण करणारीं तेजें आहेत. सांवाहिक तरंगांचें सर्वतः प्रेषण म्हणजे परिक्षेपण—Broadcasting.

प्रेषण—Transmitting, प्रेषणी—Transmitter प्रेषणाचें साधन.

ग्रहण Receiving. ग्रहणी. Receiver ग्रहणाचें साधन.

सांवाहिक हा शब्द संदर्भानुसार अध्याहृत समजावा. **सांवाहिक** Radio, बिनतारी Wireless.

४६ **परिधि**—घेर वृत्ताचा, वर्तुळाचा घेर, Circumference.
परिघ = अडथळा, अडसर.

४७ **परिभ्रमण–भ्रमण** ग्रहाचें वा उपग्रहाचें आपल्या वागावर्त्याच्या भोंवतालीं फिरणें—Revolution.

वलन, परिवलन: आपल्या स्वतःच्या अक्षाभोंवतीं फिरणें Rotation.

परिवर्त, **परिवर्तन.** भूगोलाचें महाक्षाभोंवतीं फिरणें.

४८ **परिवग**—वगच्या खालीं पाहा.

४९ **परिवेग**—वलितात्मक वेग. Angular velocity.

वेग-Velocity जव Speed. **प्रवेग** Acceleration-**प्रजवन.** speeding up—विजवन. retardation.

५० **पर्यय–**आवृत्तिशील अशा अवस्थांचा एक पूर्ण संच A complete cycle.

पर्ययकाल—पूर्ण पर्ययाला लागणारा कालावधि. Periodic time, period.

५१ **पर्यावर्तन**—प्रकाश एका माध्यमांतून दुसऱ्यांत शिरतो तेव्हां तो

अंशतः १ परावर्तन पावतो; मागें फिरतो Reflection.

अंशतः २ पर्यावर्तन पावतो म्हणजे आपली मूळची दिशा बदलून काष्ठिकेच्या बाजूला किंवा तिच्यापासून दूर वळतो Refraction.

अंशतः ३ विलोप पावतो. माध्यम त्याला खाऊन, गिळून टाकतें. Absorption.

प्रकाश–किरण एखाद्या अगदीं चिंचोळ्या फटींतून पलीकडे जातो तेव्हां त्याचें आजूबाजूला अंशतः **विवर्तन** होतें—diffraction. याच

प्रसंगांत **संग्रहण-निग्रहण**-थोडक्यांत **संनिग्रहण**-हा आविष्कारसुद्धां घडून आलेला आपणांस पहावयास मिळतो. Interference.

या आविष्काराच्या आधारावर एका महत्त्वाच्या साधित्राची रचना झालेली आहे, त्याचें नांव **संनिग्रहमापक** Interferometer. याच्या योगानें कित्येक ताऱ्यांचा वलितात्मक व्यास मोजला गेला आहे.

५२ पात—दोन कक्षांचा छेद-बिंदु, Node.

संपात–Equinoctial point. चंपात, Lunar node.

५३ पिधान—ग्रहण पहा.

५४ प्रच्यवन—पृथ्वी आपल्या परिभ्रमणामध्यें ज्या दिशेनें चाललेली आहे त्या दिशेशीं **वास्तविक** काटकोनांत येणारा प्रकाशकिरण पुढील दिशेनें तिरपा आल्यासारखा पृथ्वीला मिळतो! असल्या प्रकाराला प्रकाशाचें प्रच्यवन म्हणतात. Aberration of light.

५५ प्रतिक्षेप—पृष्ठभागाचें प्रकाश-परावर्तकत्व. पृष्ठभागावर एकंदर जो प्रकाश येऊन पोंचला असेल त्यापैकीं कितवा अंश इतस्ततः परत फेकला गेला हें प्रतिक्षेपाचा आकडा सांगतो. Albedo.

५६ प्रवेग-वेगान्तर–त्वरा; वेग बदलण्याचा झपाटा Acceleration. प्रेरकाचा स्वभाव प्रवेग उत्पन्न करणें.

५७ प्रारण—प्रकाशसंक्रमणाच्या अनेक रीतींपैकीं एक रीत; संवह-द्वारा तरंगरूपानें तेजाचें संक्रमण करणें किंवा होणें. संसर्प–Conduction. अपोह–Convection. लसन किंवा प्रारण–Radiation.

५८ प्रेरक—प्रेरकाचें लक्षण–प्रेर्यामध्यें प्रवेग उत्पन्न करणें. Force.

(यामिक शास्त्रांतील मूलभूत संज्ञांपैकीं)

५९ बहिर्ग्रह—अन्तर्ग्रह पाहा.

६० बहिर्युति—अन्तर्युति पाहा.

६१ **बाहुका**—विवृत्ताकृतिमध्यें सूर्यापासून ग्रहापर्यंतची रेघ, radius vector.

भगणकाल (विसंज्ञा)=पर्ययकाल (प्रसंज्ञा)·

६२ **भूकंपलेखी**—भूकंपाचा आलेख काढणारें साधन Earthquake recorder.

६३ **भूकंपालेख**—भूकंपांतील हालचालीची रेखाटी. Seismograph.

६४ **भोगमान**—भोगशर या निबंधनांच्या जोडींपैकीं भोगमान आयनिक वृत्तावर संपात-बिंदूपासून मोजलें म्हणजे सायन भोगमान मिळतें; एका सांकेतिक स्थिर बिंदूपासून मोजलें तर निरयण भागेमान येतें. Celestial longitude.

६५ **भौमिक**—भूगोलाच्या कवचाची रचना व त्यांतील नैसर्गिक घडामोडी हा भौमिकशास्त्राचा विषय. भौमिक शास्त्र—Geology. भौमिक Geological. भौमिक (शास्त्री)—Geologist.

६६ **भ्रमण**—परिभ्रमण पाहा.

६७ **मध्यमण्डल**—उत्तर–दक्षिण–प्रादिष्टांमधून जाणारें ऊर्ध्ववृत्त Meridian, उत्तर–दाक्षिण प्रदिष्टें—cardinal N & S points.

मंदोच्च—ग्रहाच्या कक्षेंतील सूर्यापासून दूरात दूर स्थान. Aphelion.

शीघ्रोच्च—ग्रह व सूर्य एकाच दिशेस दिसत असतांना ग्रहाचें स्वकक्षेवरील स्थान.

६८ **मार्गी**—भगोलांत पश्चिमेकडून (वरल्या अंगानें) पूर्वेकडे चाललेला ग्रह **मार्गी** आहे, त्याच्या उलट म्ह० पूर्वेकडून पश्चिमेकडे चाललेला **वक्री** आहे, असें म्हणतात. मार्गी—In direct motion. वक्री in retrograde motion.

६९ **मास**—(१) चन्द्र हा खस्थ पदार्थ; (२) त्याच्या साह्यानें मोजला जाणारा कालावधि. नाक्षत्र मास—Sidereal month.

सांवासिक मास—synodic month.

नैदिष्ठिक मास Anomalistic month.
चांपातिक मास Nodal month.
सांपातिक मास Equinoctial month.

७० मेरु—आयनिक वृत्ताचें त्रिकूट; कदंबाचें उत्तरटोंक. Pole of the ecliptic.

७१ मौल—संयुग नव्हे तें मौल. chemical element.

संयुग—दोन अथवा अधिक मौलांच्या रासायनिक संयोगानें बनलेलें संयुक्त द्रव्य. Bhemical compound.

याम्योत्तर (विसंज्ञा) = मध्यमण्डल (प्रसंज्ञा)

७२ रदक्रिया—रद भेदे यापासून रदक्रिया Radioactivity. **कांहीं कांहीं जड मौलांच्या अणूंचा स्वभावच हा आहे कीं स्वयमेव विशीर्ण व्हावें आणि या क्रियेंत अ ब ग या नांवाचे किरण बाहेर** रदाक्रियाशील टाकावे. Radioactive.

रादनिक द्रव्यें = रदक्रियाशीलद्रव्यें. Radioactive substances.

७३ रेखावृत्त—माध्यंदिन रेखावृत्त किंवा विषुवांश रेखा. भूगोलावरील या मानीव रेखा ध्रुवप्रोत असतात म्हणजे विषुववृत्ताला काटकोनांत छेदणाऱ्या व दोन्ही ध्रुवांमध्यें ओंवलेल्या असतात. या रेखांच्या अनुरोधानें एखाद्या स्थळीचे रेखांश किंवा विषुवांश सांगतां येतात. एखाद्या स्थळीचा मध्यंदिन भौगोलिक मध्यंदिनापासून (पूर्वेस वा पश्चिमेस) किती अंतरावर आहे हें यावरून समजतें.

लंबन (विसंज्ञा) = पराशर (प्रसंज्ञा) रेखांश वा विषुवांश Terrestrial, longitude, लहरी (विसंज्ञा)=तरंग (प्रसंज्ञा)

७४ लाग्रतम—[ला = लाघव, थोडक्यांत युक्तीनें करणें. अग्रतम = श्रेष्ठ किंवा शिरोभागीं असलेलें] लाग्रतमांच्या उपयोगानें अंकगाणितांतलि कित्येक कृत्यें सोप्यांत, थोडक्यांत होतात. Logarithm.

१० किंवा ९ हे घातु; यांची कतिधा (हति) केली असतांना इष्ट संख्या मिळतें तेंच नेमकें लाग्रतम सांगतो. उदाहरणार्थ, १०० या संख्येचा घातु २० वं लाग्रतम २; कारण $१०^{२}$=१००

७५ **वक्री**—मार्गी पाहा.

७६ **वग**—वस्तुता mass×वेग velocity.=वग momentum एखाद्या पदार्थाची 'वग' म्हणजे त्याची वस्तुता गुणिले त्याचा वेग.

परिवग=वस्तुता mass × $अरित्र^{२}$ radius squared × परिवेग angular velocity=angular momentum.

परिवस्तु=वस्तुता mass × $अरित्र^{२}$ radius squared=moment of Inertia.

angular momentum = परिवस्तु × परिवेग

= वस्तुता × वेग × अरित्र = वग × अरित्र

७७ **वर्णालिख**—Spectrogram, **वर्णाली, वर्णावली** Spectrum, वर्णादर्श Spectroscope.

ता–ना–पी–पा–न–नी–जाः परशुविरचिता शुद्धवर्णावलीयम् ।
(उपारुण, अरुण,) ताम्र, नारंग, पीत, पालाश, नभस्य, नील, जांबव, (इन्द्र, अतीन्द्र.)

७८ **वर्ष**–१ सांपातिकः सूर्य एकदां व संपातीं आल्यापासून पुनः व संपातीं येईपर्यंतचा काळ. Tropical year.

२ नाक्षत्रः सूर्य एका नक्षत्रांत आल्यापासून पुनः त्याच नक्षत्रीं येईपर्यंतचा काळ Sidereal year.

३ नैदिष्ठिकः सूर्य एकदां नेदिष्ठांत आल्यापासून पुनः नेदिष्ठांत येईपर्यंतचा काळ. Anomalistic year.

७९ **वलन**—'परिभ्रमण'च्या खालीं पाहा.

वलनचय (विसंज्ञा) = परिवग (प्रसंज्ञा)

८० **वलितात्मक व्यास**—Angular diameter.

८१ **व–संपात,** वसंत संपात—Vernal equinox.

८२ **वस्तु**—Matter 'तेज' खालीं पाहा.

८३ **वस्तुता**—Mass एखाद्या पदार्थाचें एकंदर वस्तुमान.

८४ **विकिरण**—प्रकाश–किरणांचें विखरून जाणें. Scattering.

८५ **विक्षेप**—एका कक्षेचा दुसऱ्या कक्षेशीं कल. Obliquity, inclination. कक्षा Orbit.

८६ **विमध्यता**—Eccentricity 'विवृत्त' खालीं पाहा.

८७ **विवृत्त**—Ellipse.

८८ **विवृत्तता, विवृत्तत्व**—Ellipticity.

८९ **विष्टम्भ**—Summer solstice.

९० **वैषुवांश**—Right ascension वै. R.A.

९१ **वैषुविक-वृत्त, वैमण्डल**—Celestial equator.

९२ **शक्ति**—Mechanical energy, Energy.

९३ **शर**—Celestial latitude

९४ **शरत्संपात** Autumnal equinox.

शीघ्रोच्च—मंदोच्चखालीं पाहा.

९५ **षड्भान्तर**—१८०° अंशाचें म्ह. ६ राशींचें अंतर Opposition.

भ=राशि=३० अंश

त्रिभान्तर–तीन राशींचें अन्तर. Quadrature.

निर्भान्तर—शून्य अंशांचें अंतर. Conjunction.

९६ **संस्कार**–Correction.

९७ **संस्तम्भ**–Solstice.

९८ **समंस्कार**–Equation of time ज्याच्या योगानें मध्यांदिन आणि मध्याह्न जमवितां येतात तो कालांश.

समंकारस्य शून्यत्वं तारिकाणां चतुष्टये ।

स्यान्माधवे पंचदशी (April 15) शुचौस्तु स्याच्चतुर्दशी (June 14).

इषस्य प्रथमैवस्यात् (Sept. 1) चतुर्विंशी सहस्यके (Dec. 24).

९९ **संपात**–Equinox.

१०० **सांवासिक पर्ययकाल**–Synodic period.

१०१ **सापेक्षता**–सिद्धान्त, स्थलकाल-**सांबाद्धिक**—Theory of Relativity.

१०२ **स्थितंतप**—Stratosphere स्थितंतपावरण

चलंतप = चलंतपावरण Troposphere. मध्याविराम Tropopause.

परिशिष्ट २ –

१ सूर्यकुलांतील सभासदांचीं

नांव	व्यास		वस्तुमान	परिवलनकाल
	पृथ्वी = १	मैल	पृथ्वी = १	(सौर दिवस)
				दि. ता. मि. से.
सूर्य	१०९·१७९	८,६५,३७०	३,३३,४३४	२५ ८
चंद्र	०·२७२	२,१६२	०·०१२३	२७ ७ ४३ ११·५
बुध	०·४०३	३,२००	०·०३७	८८ ?
शुक्र	०·९९०	७,८४८	०·८२६	?
पृथ्वी { वैषुव	१·०००	७,९२७ }	१·०००	२३ ५६ ०४·०९१
पृथ्वी { ध्रुवीय	०·९९७	७,९०० }		
मंगळ { वैषुव	०·५३८	४,२६८ }	०·१०८	२४ ३७ २२·६५४
मंगळ { ध्रुवीय	०·५३५	४,२४३ }		
गुरु { वैषुव	११·२७	८९,३२९ }	३१८·४	९ ५० ३० }
गुरु { ध्रुवीय	१०·५८	८३,८५४ }		९ ५५ ४१ }
शनि { वैषुव	९·४७	७५,०२१ }	९५·२	१० २
शनि { ध्रुवीय	८·५५	६७,८०५ }	१४·६	
(युरेनस)	४·१९	३३,२१९		१०·८
(नेपच्यून)	३·९०	३०,९१७	१७·३	१५·८
(प्लूटो)	०·५	४,०००	१ (?)	अज्ञात

कोष्टक १
कांहीं वैशिष्ट्यें.

धनता		विक्षेप	मोक्षवेग	पृष्ठभागीं गुरुत्वाकर्षण	तपमान (केल्वीन)*
पृथ्वी = १	पाणी = १				
०·२६	१·४३	७°१५′	३८३ मै/से.	२८·०	५९८०
०·६०	३·३३	६°४०′·७	१·५	०·१६४५	२७७
	२·८६		२·०	०·२०९३	४४५
०·५२	४·८६		६·३	०·८३८३	३२७
०·८८					
	५·५२	२३°२६′ ४४·″८	६·९५	१·००००	२७७
१·००					
	३·८४	२३·°९८	३·१	०·३७१७	२२४
०·७०					
०·२४	१·३०	३·°०७	३७	२·५०१	१२२
०·१२	०·६९	२६°·०८	२२	१·०६४	९०
०·२०	१·१०	९८·°०	१३	०·८४०	६३
०·२९	१·६२	२९·°६	१५	१·१४१	५१
?	?	?	?	?	४४

* के० २७३° = ०° शतक्रमी

परिशिष्ट २ – कोष्टक – २

उपग्रह–परिचय

ग्रह	उपग्रहनाम आणि क्रमांक	मुख्य ग्रहापासून मध्यमान्तर (मैल)	पर्ययकाल नाक्षत्र दिवस	व्यास मैल	वस्तुमान चंद्राच्या पट (चंद्र = १)	पृथ्वीपासून प्रत (तारकेय)
पृथ्वी (१)	चंद्र	२,३९,१००	२७·३२	२१६०	१·००	– १२·५
मंगळ (२)	Phobos फोबॉस	५,८३०	०·३२	९ ?	?	+ ११·५
	Deimos डीमॉस	१४,६५०	१·२६	५ ?	?	१३·०
	No. 5 पंचम	१,१३,०००	०·५०	१५०	?	३·०
गुरु*(१२)	10 आयो प्रथम	२,६१,८००	१·७७	२१०९	·९९१	५·५
	Europa द्वितीय युरोपा	४,१६,६००	३·५५	१८६५	०·६५	६·१
	Ganymede तृतीय गॅनिमेडी	६,६४,२००	७·१५	३२७३	२·०७	५·१

ग्रह	उपग्रहनाम आणि क्रमांक		मुख्य ग्रहापासून मध्यमान्तर (मैल)	पर्ययकाल नाक्षत्र दिवस	व्यास मैल	वस्तुमान चंद्राच्या पट (चंद्र = १)	पृथ्वीपासून प्रत (तारकेय)
	Callisto कॅलिस्टो	चतुर्थ	११,६८,७००	१६.६९	३१४२	१.१७	६.२
	No. 6 (VI) क्र. ६	षष्ठ	७१,१४,०००	२५०.६	१००	?	१४.७
	" 7 (VII) ७	सप्तम	७२,९२,०००	२६०.१	३५	?	१६.०
	" 10 (X) १०	दशम	७३,०१,०००	२६०.५	१५	?	१८.५
	" 11 (XI) ११	एकादश	१,४०,००,०००	६९२.५	१९	?	१८.५
	" 8 (VIII) ८	अष्टम	१,४६,००,०००	७३८.९	३५	?	१६.०
	" 9 (IX) ९	नवम	१,४७,५०,०००	७५८	१७	?	१८
शनि*(१०)	Mimas मिमास	प्रथम	१,१५,०००	०.९४	३७०	१/२१०००	१२.१

ग्रह	उपग्रहनाम आणि क्रमांक	मुख्य ग्रहापासून मध्यमान्तर (मैल)	पर्यकाल नाक्षत्र दिवस	वस्तुमान व्यास मैल	वस्तुमान चंद्राच्या पट (चंद्र = १)	पृथ्वीपासून प्रत (तारकेय)
	Enceladus द्वितीय एनसिलॅडस्	१४८०००	१·३७	४६०	१/५१५	११·७
	Tethys तृतीय टेथिस	१८३२००	१·८९	७५०	१/१११	१०·६
	Dione चतुर्थ डायोन	२३४६००	२·७४	९००	१/६९	१०·७
	Rhea पंचम ऱ्हीं	३२७६००	४·५२	११५०	१/३२	१०·०
	Titan षष्ठ टिटान	७५९३००	१५·९५	३५५०	१/६५	८ ३
	Themis सप्तम थेमिस	९०६०००	२०·८५	५०?	?	१७
	Hyperion अष्टम हायपरियन	९२०२००	२१·२८	३००?	< १/६००	१५
	Japetus नवम् जपेटस	२२१३०००	७९·३३	११००	< १/१८	१०·८

ग्रह	उपग्रहनाम आणि क्रमांक	मुख्य ग्रहापासून मध्यमान्तर (मैल)	पर्ययकाल नाक्षत्र दिवस	व्यास मैल	वस्तुमान चंद्राच्या पट (चंद्र = १)	पृथ्वीपासून प्रत (तारकेय)
*	Phoebe दशम फोबे	८०,५४,०००	५५०·४५	१५० ?	?	१४·५
युरेनस (४)	Ariel प्रथम एरियल	१,१९,२००	२·५२	५५० ?	?	१५·२
	Umbriel द्वितीय अम्ब्रियल	१,६६,१००	४·१४	४५० ?	?	१५·८
	Titania तृतीय टिटानियाँ	२,७२,८००	८·७१	१००० ?	?	१४·०
	Oberon चतुर्थ आबरान	३,६४,७००	१३·४६	९०० ?	?	१४·२
* नेपच्यून (२)	Triton प्रथम ट्रिटॉन	२,१९,८००	५·८८	५८०० ?	१·८०	१३·६
	II द्वितीय	?	?	?	?	?

टीपः—गुरूचा १२ वा उपग्रह, युरेनसचा पांचवा, आणि नेपच्यूनचा दुसरा, हे अलीकडे सांपडले आहेत. त्यांविषयीं विशेष माहिती उपलब्ध नाहीं. शनीच्या ७ व्या, थेमिस, या उपग्रहाविषयीं शंका आहे. उरलेले ९ निश्चित आहेत.

—सूचि—

नांवांची सूचि

विषयांची सूचि
